

ВЕСТНИК

**МОСКОВСКОГО ГОРОДСКОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

**СЕРИЯ
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»**

№ 2 (8)

Издается с 2008 года
Выходит 2 раза в год

**Москва
2011**

VESTNIK

**MOSCOW CITY
PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

SCIENTIFIC JOURNAL

NATURAL SCIENCES

№ 2 (8)

**Published since 2008
Appears Twice a Year**

**Moscow
2011**

Редакционный совет:

Рябов В.В. председатель	ректор ГОУ ВПО МГПУ, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент РАО
Геворкян Е.Н. заместитель председателя	проректор по научной работе ГОУ ВПО МГПУ, доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАО
Атанасян С.Л.	проректор по учебной работе ГОУ ВПО МГПУ, доктор педагогических наук, профессор
Русецкая М.Н.	проректор по инновационной деятельности ГОУ ВПО МГПУ, доктор педагогических наук, доцент

Редакционная коллегия:

Атанасян С.Л. главный редактор	проректор по учебной работе ГОУ ВПО МГПУ, доктор педагогических наук, кандидат физико- математических наук, профессор
Дмитриева В.Т. заместитель главного редактора	заведующая кафедрой физической географии и геоэкологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ, кандидат географических наук, профессор
Бубнов В.А.	заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин Института математики и информатики ГОУ ВПО МГПУ, доктор технических наук, профессор, действительный член Академии информатизации образования
Котов В.Ю.	директор Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ, доктор химических наук, профессор
Мапельман В.М.	заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ, доктор философских наук, профессор, академик Российской академии естественных наук
Суматохин С.В.	заведующий кафедрой методики преподавания биологии и общей биологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ, доктор педагогических наук, профессор
Шульгина О.В.	заведующая кафедрой экономической географии и социальной экологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ, доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор

Журнал входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

ISSN 2076-9091

© Московский городской педагогический университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Актуальные проблемы естествознания

<i>Бубнов В.А.</i> Замечания к выводу уравнения неразрывности гидродинамических течений	7
<i>Овсянников В.М.</i> Тожественность правой части волнового уравнения генерации звука Филлипса с дополнительным членом конечно-разностного уравнения неразрывности Эйлера	16
<i>Сенчихин И.Н., Жаворонок Е.С., Ролдугин В.И.</i> ТТТ-диаграммы отверждающихся эпоксиаминных смесей на основе дианового и алифатического эпоксидных олигомеров	22
<i>Войтова В.М., Сенчихин И.Н., Полунин К.Е., Полунина И.А., Ульянов А.В., Бурак А.К., Ролдугин В.И.</i> Термоанализ композитов на основе резвератрола, нанесенного на поверхность твердой дисперсной фазы	30

Науки о Земле и живой природе

<i>Резанов А.Г.</i> Исследование кормового поведения птиц, охотящихся с присады: регистрация и анализ информации	41
<i>Фадеева Е.О.</i> Адаптивные особенности микроструктуры контурного пера полярной совы (<i>Nyctea scandiaca</i>)	52
<i>Дмитриева В.Т., Напрасников А.Т.</i> Устойчивость динамики увлажнения и теплообеспеченности геосистем	60
<i>Зубков Н.В.</i> Влияние фосфорных удобрений на содержание тяжелых металлов в почве, поступление их в растения и продуктивность культур в условиях загрязнения почвы	71

Человек и среда его обитания

<i>Назаренко Л.В., Загоскина Н.В.</i> Водоросли и продукты промышленного назначения на их основе	85
<i>Шульгина О.В.</i> Географические особенности изменения численности населения России на рубеже XX–XXI веков	97

Естествознание в системе межнаучных связей

Воронова Т.С. Историко-географический обзор национального состава Москвы в XV–XX вв.104

Теория и методика естественнонаучного образования

Арбузова Е.Н. Методическая система обучения студентов-биологов на основе использования инновационного учебно-методического комплекса по дисциплине «Методика обучения биологии»110

Латчук В.Н. Дидактическая зависимость содержания образования и уровня подготовки участников олимпиадного движения школьников по основам безопасности жизнедеятельности в России125

Научная жизнь: события, дискуссии, полемика134

На книжной полке

Орехов П.Н. Структурные изменения в промышленном производстве и проблема возрождения интереса к экономической географии в России. Рецензия на статью В.И. Часовского «Территориально-отраслевые изменения в промышленном производстве России» (Проблемы региональной экологии. – М.: Камертон, 2009. – № 5. – С. 249–259.)136

Авторы «Вестника МГПУ», 2011, № 2 (8).....138

Требования к оформлению статей.....143

Те, кто связали и посвятили себя определенным строго установленным учениям, вынуждены теперь защищать то, чего не одобряют.

Цицерон,
древнеримский писатель
и политический деятель

Законам природы люди повинуются даже когда борются против них.

Иоганн Вольфганг Гёте,
немецкий поэт и естествоиспытатель

Три стадии признания научной истины: первая — «это абсурд», вторая — «в этом что-то есть», третья — «это общеизвестно».

Эрнест Резерфорд,
английский физик

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

В.А. Бубнов

Замечания к выводу уравнения неразрывности гидродинамических течений

В работе анализируются все аспекты вывода уравнения неразрывности на основе представлений Н.Е. Жуковского о модели частицы жидкости. В частности, показано, что введение изменения плотности жидкости в уравнение неразрывности некорректно с позиции кинематических соотношений материальной точки, имеющих место в классической механике.

Ключевые слова: частица жидкости; гидродинамическая скорость; деформационное движение; изменение объема; площади частицы жидкости.

При изучении движений материальной точки в классической механике различают две задачи. В первой из них исследуются кинематические характеристики материальной точки, на основе которых вычисляются силы, вызывающие движение точки. Во второй задаче по заданным силам, действующим на материальную точку, определяются кинематические характеристики последней.

Построение уравнения неразрывности, на базе которого можно получить поле гидродинамических скоростей, следует также отнести к первой задаче механики частицы жидкости, которая в данной задаче является аналогом материальной точки, но отличается от неё рядом свойств.

Традиционно уравнение неразрывности представляют в следующем виде:

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0; \quad (1)$$

где u , v , w суть составляющие вектора $\vec{V}$ гидродинамической скорости на оси координат x , y , z соответственно, а ρ — плотность жидкости.

Производная по времени $\frac{d\rho}{dt}$ в (1) называется полной производной, которая представляется так:

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z}, \quad (2)$$

причем первое слагаемое справа (в 2) называют локальной производной, а оставшиеся слагаемые — конвективной производной.

В учебной литературе вывод уравнения (1) основывается на следующих соображениях.

Рассматривается поток вектора $\rho \vec{V}$ через неподвижную замкнутую поверхность бесконечно малого объема жидкости. Этот поток на основании теоремы Гаусса представляется объемным интегралом от величины $\text{div}(\rho \vec{V})$. Далее, предполагается, что указанный поток выражает массу жидкости, вытекающей за единицу времени из рассмотренной замкнутой поверхности и что он влечет за собой уменьшение плотности в точках внутри данной замкнутой поверхности. Уменьшение плотности в единицу времени при этом определяется величиной $\frac{d\rho}{dt}$, взятой со знаком минус.

Объемный интеграл от величины $\left(-\frac{d\rho}{dt}\right)$ определит изменение массы жидкости внутри рассматриваемой поверхности. Из равенства двух указанных интегралов и некоторых преобразований с помощью уравнения (2) в итоге получается уравнение неразрывности в форме (1).

Авторы такого вывода уравнения (1) не дают ответы на ряд вопросов, а именно:

— каким образом вектор $\vec{V}$ в величине потока $\rho \vec{V}$ имеет отношение к гидродинамической скорости;

— почему указанные рассуждения не могут иметь место в плоских гидродинамических течениях, в которых нельзя выделить бесконечно малый объем и соответственно ввести понятие плотности и массы жидкости.

К настоящему времени в научной литературе появилась серия статей [1–6, 8–9], в которых сделана попытка ответить на поставленные выше вопросы, а также снять ряд ограничений, на базе которых основывается форма уравнения (1).

Уже отмечалось, что при общеизвестном методе вывода уравнения неразрывности умалчивается вопрос о понятии гидродинамической скорости, о том в какой системе координат движется замкнутая поверхность выделенного объема жидкости, а также о том, какой вид движения испытывает эта поверхность.

На эти вопросы можно найти ответ в диссертации Н.Е. Жуковского [7].

Н.Е. Жуковский ввел понятие частицы жидкости как бесконечно малую часть жидкости вокруг некоторой фиксированной точки гидродинамического потока. Далее необходимо через точку O' жидкой массы с координатами x, y, z , провести прямоугольные оси $O'x', O'y', O'z'$, параллельные неподвижным осям Ox, Oy, Oz , и движущиеся вместе с точкой O' . Затем выделим малую частицу жидкости вокруг центра O' и пусть M будет точкой этой частицы с относительными бесконечно малыми координатами x', y', z' .

Проекции скорости точки O' на неподвижные оси Ox, Oy, Oz обозначим через u, v, w соответственно. В свою очередь скорости точки M обозначим через u_1, v_1, w_1 . Указанные скорости рассматриваются как мгновенные, т.е. изучается их распределение в один и тот же момент времени.

В окрестности точки O' скорости точки M можно вычислить представлением скоростей u_1, v_1, w_1 в виде рядов Тейлора. Например, для u_1 это представление таково:

$$u_1 = u + \frac{\partial u}{\partial x} x' + \frac{\partial u}{\partial y} y' + \frac{\partial u}{\partial z} z'. \quad (3)$$

Будем изучать движение точки М относительно центра О'. Очевидно, что такое движение характеризуется следующими относительными скоростями: $u' = u_1 - u$, $v' = v_1 - v$, $w' = w_1 - w$. Для них соотношения типа (3) можно преобразовать так, чтобы выделить различные типы течений. Например, для (3) указанное преобразование имеет вид:

$$u' = \frac{\partial u}{\partial x} x' + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) y' + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) z' + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) z' - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) y'. \quad (4)$$

Из (4) и аналогичных представлений для v' и w' следует, что относительное движение точки М представляется в штрихованной системе координат, а коэффициентами при штрихованных координатах в представлении (4) и ему подобных служат производные от скоростей точки О', вычисленные в неподвижной системе координат.

С целью упрощения представления дальнейших рассуждений не будем употреблять знаки «штрих» над соответствующими им символами.

Теперь в представлении (4) и ему подобных введем дополнительные обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} &= \varepsilon_1, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = \varepsilon_2, \quad \frac{\partial w}{\partial z} = \varepsilon_3, \\ \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} &= 2\theta_1, \quad \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} = 2\theta_2, \quad \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 2\theta_3, \\ \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} &= 2\omega_x, \quad \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} = 2\omega_y, \quad \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 2\omega_z. \end{aligned} \quad (5)$$

После чего скорости точки М относительно центра частицы О' примут следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} u &= \omega_y z - \omega_z y + \frac{\partial F}{\partial x}; \\ v &= \omega_z x - \omega_x z + \frac{\partial F}{\partial y}; \\ w &= \omega_x y - \omega_y x + \frac{\partial F}{\partial z}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где

$$F = \frac{1}{2} (\varepsilon_1 x^2 + \varepsilon_2 y^2 + \varepsilon_3 z^2 + 2\theta_1 yz + 2\theta_2 zx + 2\theta_3 xy). \quad (7)$$

Ввиду малости размеров частицы жидкости скорость точки М отождествляется со скоростью всей частицы.

Формулы (6) впервые были получены Г. Гельмгольцем в 1858 г. Они показывают, что движение частицы жидкости может быть разложено на три движения: поступательное со скоростью ее центра, вращательное относительно

оси, проходящей через этот центр, и движение с потенциалом скоростей, при котором центр неподвижен.

Величины ω_x , ω_y , ω_z , входящие в (6), суть компоненты угловой скорости вращения частицы.

Отбросив поступательное и вращательное движение частицы, исследуем третье ее движение, которое называют деформацией, так как только от него происходит изменение вида частицы. Деформация может быть рассматриваема как движение частицы относительно подвижных осей координат, которые имеют то же поступательное и вращательное движение, что и частица жидкости.

Ради удобства письма подвижные оси координат будут обозначаться теми же символами x , y , z , так что скорости деформационного движения выразятся формулами:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\partial F}{\partial x}, \quad \frac{dy}{dt} = \frac{\partial F}{\partial y}, \quad \frac{dz}{dt} = \frac{\partial F}{\partial z}. \quad (8)$$

Формула (7) представляет уравнение центральной поверхности второго порядка. Для нее справедливо соотношение, установленное Л. Эйлером:

$$x \frac{\partial F}{\partial x} + y \frac{\partial F}{\partial y} + z \frac{\partial F}{\partial z} = 2F. \quad (9)$$

Из теории поверхностей второго порядка известно, что если за оси координат приняты диаметры, попарно сопряженные, то уравнение поверхности будет содержать только члены с квадратами координат. Такие направления называются главными, а в теории деформационного движения их называют *осями деформации*.

Известно также, что для перехода от осей x , y , z к осям деформации ξ , η , ζ необходимо равенство нулю следующего определителя третьего порядка, составленного из коэффициентов многочлена (7):

$$\begin{vmatrix} \varepsilon_1 - \lambda & \theta_3 & \theta_2 \\ \theta_3 & \varepsilon_2 - \lambda & \theta_1 \\ \theta_2 & \theta_1 & \varepsilon_3 - \lambda \end{vmatrix} = 0. \quad (10)$$

После вычисления определителя в (10) получается кубическое уравнение относительно λ :

$$\lambda^3 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3) \lambda^2 + (\varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2 \varepsilon_3 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 - \theta_1^2 - \theta_2^2 - \theta_3^2) \lambda - (\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 + 2\theta_1 \theta_2 \theta_3 - \varepsilon_1 \theta_1^2 - \varepsilon_2 \theta_2^2 - \varepsilon_3 \theta_3^2) = 0. \quad (11)$$

В аналитической геометрии доказывается, что все три корня λ_1 , λ_2 , λ_3 в уравнении (11) действительны, а уравнение поверхности (7), относительное к главным осям ξ , η , ζ , представляется в виде:

$$F = \frac{1}{2} (\lambda_1 \xi^2 + \lambda_2 \eta^2 + \lambda_3 \zeta^2). \quad (12)$$

По аналогии с формулами (8) скорости деформационного движения вдоль осей деформации будем определять так:

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \xi}, \quad \frac{d\eta}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \eta}, \quad \frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \zeta}. \quad (13)$$

В [3–5] показано, что $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ суть коэффициенты линейного расширения радиусов, направленных по осям деформации.

Если для вычисления скоростей деформационного движения по формулам (13) использовать F в форме (12), то будем иметь:

$$\frac{d\xi}{dt} = \lambda_1 \xi, \quad \frac{d\eta}{dt} = \lambda_2 \eta, \quad \frac{d\zeta}{dt} = \lambda_3 \zeta. \quad (14)$$

Формулы (14) показывают, что частица жидкости, имеющая форму бесконечно малого прямоугольного параллелепипеда, стороны которого параллельны осям деформации, остается прямоугольным параллелепипедом и по прошествии времени $d t$. Из этих же формул следует, что задача по нахождению скоростей деформационного движения сводится к проблеме нахождения корней $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ кубического уравнения (11).

Для разрешения указанной проблемы в уравнении (11) введем дополнительные обозначения [3–5]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3; \quad (15)$$

$$A = \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 + \varepsilon_2 \varepsilon_3 - (\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2); \quad (16)$$

$$B = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 + 2\theta_1 \theta_2 \theta_3 - (\varepsilon_1 \theta_1^2 + \varepsilon_2 \theta_2^2 + \varepsilon_3 \theta_3^2), \quad (17)$$

после чего оно примет вид:

$$\lambda^3 - \varepsilon \lambda^2 + A \lambda - B = 0. \quad (18)$$

В работах [3–5] показано, что соотношения между корнями уравнения (18) таковы:

$$\begin{aligned} \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 &= \varepsilon, \\ \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 &= A, \\ \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 &= B. \end{aligned} \quad (19)$$

Для вычисления коэффициента кубического расширения частицы жидкости предположим, что она имеет форму бесконечно малого шарика, уравнение которого есть

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = a^2. \quad (20)$$

и определим ее вид по прошествии времени $d t$. На основании уравнений (14) точка жидкой частицы, имеющая координаты ξ, η, ζ , будет по прошествии времени $d t$ иметь координаты:

$$x_1 = \xi + d\xi = \xi(1 + \lambda_1 dt),$$

$$y_1 = \eta + d\eta = \eta(1 + \lambda_2 dt),$$

$$z_1 = \zeta + d\zeta = \zeta(1 + \lambda_3 dt).$$

Определив отсюда ξ, η, ζ , и подставив их в уравнение сферы (20), получим уравнение эллипсоида:

$$\frac{x_1^2}{a^2(1 + \lambda_1 dt)^2} + \frac{y_1^2}{a^2(1 + \lambda_2 dt)^2} + \frac{z_1^2}{a^2(1 + \lambda_3 dt)^2} = 1. \quad (21)$$

Объем сферы (21) будет:

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi a^3,$$

а объем эллипсоида (21):

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi a^3 (1 + \lambda_1 dt)(1 + \lambda_2 dt)(1 + \lambda_3 dt).$$

Под коэффициентом кубического расширения в единицу времени принято считать следующую величину:

$$\theta = \frac{\Delta V}{V \Delta t} = \frac{V_0 - V_1}{V_0 \Delta t} = \frac{\Delta k}{\Delta t}, \quad (22)$$

которая из приведенных формул для V_0 и V выражается через характеристики деформационного движения таким образом [3–5].

$$\theta = -(\varepsilon + A dt + B dt^2). \quad (23)$$

Пусть при деформационном движении масса частиц жидкости не изменяется, т.е. $m_1 = m_0 = m$ согласно [3–5]:

$$\theta = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_1 \Delta t} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt}. \quad (24)$$

Н.Е. Жуковский в своей магистерской диссертации «Кинематика жидкого тела», относящейся к 1876 г. [7] разыскивал корни уравнения (11) при условии, что

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0. \quad (25)$$

В этом случае соотношения (19) между корнями $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и характеристиками деформационного движения $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \\ \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 &= \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 + \varepsilon_2 \varepsilon_3, \\ \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 &= \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Из соотношений (26) очевидны значения корней уравнения (11):

$$\lambda_1 = \varepsilon_1, \lambda_2 = \varepsilon_2, \lambda_3 = \varepsilon_3. \quad (27)$$

Теперь по (14) с учетом (27) можно найти скорости деформационного движения в системе координат ξ, η, ζ , которая в силу справедливости (25) совпадает с системой x, y, z .

В то же самое время полученный тип деформационного движения позволяет, пренебрегая в правой части (23) вторым и третьим слагаемым, переписать его так:

$$\theta = -\varepsilon. \quad (28)$$

Если левую часть в (28) заменить по (24), а правую — вначале по (15), а затем по (5), то полученное при этом соотношение совпадает с (1).

Таким образом, полученный вывод уравнения (1) показывает ряд ограничений на характер кинематических соотношений частицы жидкости, в рамках которых справедливо соотношение (1).

Если предложенную выше схему вывода уравнения неразрывности (28) сохранить для случая плоских гидродинамических движений, то величина θ будет выражать изменение в единицу времени плоской формы частицы жидкости и нельзя будет эту величину выразить через изменение плотности. Далее общеизвестно, что плотность жидкости суть характеристика нестройного,

беспорядочного движения молекул жидкости, и она уравнением состояния связана только с давлением жидкости. Традиционно в движущейся жидкости давление отождествляют с гидростатическим, поэтому форма уравнения состояния не нарушается гидродинамическим потоком, и, следовательно, гидродинамическое движение не влияет на изменение плотности.

Более того, в [3] показано, что в ряде гидродинамических движений, например в ламинарном, тепловое движение молекул и видимое гидродинамическое движение сосуществуют независимо друг от друга.

По-видимому, только в турбулентных движениях, в которых независимость двух указанных движений нарушается и возникают пульсации плотности и давления, может иметь место формула (24).

Чтобы обойти спорный вопрос относительно корректности соотношения (24), введем безразмерный коэффициент k кубического расширения жидкости и величину θ определим так:

$$\theta = \frac{\partial k}{\partial t}, \quad (29)$$

где $\frac{\partial}{\partial t}$ — локальная производная по времени.

Теперь уравнение (28) с учетом (29) принимает следующий вид:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \text{div} \vec{V} = 0. \quad (30)$$

Изучению деформационного движения частицы жидкости, когда устраняются ограничения Н.Е. Жуковского (25), посвящены работы [3–5].

В плоских гидродинамических течениях поверхность расширения (7) упрощается так:

$$F = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 x^2 + \varepsilon_2 y^2 + 2\theta_3 xy), \quad (31)$$

а уравнение (11) принимает вид:

$$\lambda^2 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\lambda + \varepsilon_1 \varepsilon_2 - \theta_3^2 = 0. \quad (32)$$

Изучению корней уравнения (32) посвящены работы [5–7].

Приведение к каноническому виду поверхности расширения (31) посредством нахождения корней уравнения (32) оказывается не единственным.

Действительно в (31) осуществим переход в новую систему координат (ξ, η) на основе следующих соотношений:

$$\begin{aligned} x &= \xi \cos \alpha - \eta \sin \alpha, \\ y &= \xi \sin \alpha + \eta \cos \alpha. \end{aligned} \quad (33)$$

Тогда вместо (31) будем иметь:

$$F = \frac{1}{2}(A\xi^2 + 2B\xi\eta + C\eta^2). \quad (34)$$

Нетрудно показать, что первый инвариант квадратичных форм (31) и (34) суть:

$$A + B = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad (35)$$

а условие $B = 0$ имеет вид:

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{2\theta_3}. \quad (36)$$

Соотношения (35) и (36) можно, в самом общем случае, принять функциями от координат и времени, что позволит получить новые кинематические уравнения для гидродинамических течений.

Литература

1. Бубнов В.А. Кинематика жидкой частицы / В.А. Бубнов // Проблемы аксиоматики в гидродинамике: сб. ст. – Вып. 7. – М.: Прометей, 1999. – С. 11–29.
2. Бубнов В.А. Физические принципы гидродинамических течений / В.А. Бубнов // Проблемы аксиоматики в гидродинамике: сб. ст. – Вып. 4. – М.: Прометей, 1997. – С. 206–269.
3. Бубнов В.А. О деформационных движениях в гидродинамике / В.А. Бубнов // Проблемы аксиоматики в гидродинамике: сб. ст. – Вып. 21. – М.: Спутник, 2010. – С. 58–71.
4. Бубнов В.А. О деформационных движениях частицы жидкости / В.А. Бубнов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». – 2008. – № 1 (20). – С. 71–77.
5. Бубнов В.А. Кинематика частицы жидкости в плоских гидродинамических течениях / В.А. Бубнов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». – 2010. – № 1 (5). – С. 61–65.
6. Бубнов В.А. Некоторые замечания о потенциальных гидродинамических течениях / В.А. Бубнов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». – 2010. – № 2 (6). – С. 7–13.
7. Жуковский Н.Е. Кинематика жидкого тела / Н.Е. Жуковский // Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений: в 16-ти тт. / Н.Е. Жуковский; ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, Комис. по изданию трудов Н.Е. Жуковского; Ред. коллегия: С.А. Чаплыгин, А.И. Некрасов, В.А. Архангельский и др. – Т. 2. – М.-Л.: ОНТИ-НКТП СССР, 1935–1937. – С. 7–145.
8. Овсянников В.М. Конечно-разностное уравнение непрерывности Леонарда Эйлера / В.М. Овсянников // Проблемы аксиоматики в гидродинамике: сб. ст. – Вып. 20. – М.: Прометей, 2010. – С. 110–120.
9. Овсянников В.М. Конечно-разностное уравнение непрерывности Леонарда Эйлера. Продолжение раздела 5 / В.М. Овсянников // Проблемы аксиоматики в гидродинамике: сб. ст. – Вып. 21. – М.: Прометей, 2010. – С. 25–37.

Literatura

1. Bubnov V.A. Kinematika zhidkoj chascicy' / V.A. Bubnov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 7. – M.: Prometej, 1999. – S. 11–29.
2. Bubnov V.A. Fizicheskie principy' gidrodynamiceskix techenij / V.A. Bubnov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 4. – M.: Prometej, 1997. – S. 206–269.
3. Bubnov V.A. O deformacionny'x dvizheniyax v gidrodinamike / V.A. Bubnov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 21. – M.: Sputnik, 2010. – S. 58–71.
4. Bubnov V.A. O deformacionny'x dvizheniyax chascicy' zhidkosti / V.A. Bubnov // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». – 2008. – № 1 (20). – S. 71–77.
5. Bubnov V.A. Kinematika chascicy' zhidkosti v ploskix gidrodynamiceskix techeniyax / V.A. Bubnov // Vestnik MGPU. «Estestvenny'e nauki». – 2010. – № 1 (5). – S. 61–65.

6. *Bubnov V.A.* Nekotory'e zamechaniya o potencial'ny'x gidrodynamiceskix techeniyax / V.A. Bubnov // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». – 2010. – № 2 (6). – S. 7–13.

7. *Zhukovskij N.E.* Kinematika zhidkogo tela / N.E. Zhukovskij // Zhukovskij N.E. Polnoe sobranie sochinenij: v 16-ti tt. / N.E. Zhukovskij; CAGI im. N.E. Zhukovskogo, Komis. po izdaniyu trudov N.E. Zhukovskogo; Red. kollegiya: S.A. Chaply'gin, A.I. Nekrasov, V.A. Arxangel'skij i dr. – T. 2. . – M.-L.: ONTI-NKTP SSSR, 1935. – S. 7–145.

8. *Ovsyannikov V.M.* Konechno-raznostnoe uravnenie neprery'vnosti Leonarda E'jlера / V.M. Ovsyannikov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 20. – M.: Prometej, 2010. – S. 110–120.

9. *Ovsyannikov V.M.* Konechno-raznostnoe uravnenie neprery'vnosti Leonarda E'jlера Prodolzhenie razdela 5 / V.M. Ovsyannikov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 21. – M.: Prometej, 2010. – S. 25–37.

V.A. Bubnov

On Obtaining the Continuity Equation of Hydro-dynamic Flows

The paper presents an analysis of all aspects of obtaining an equation of continuity based on N.E. Zhukovsky's conceptions of the liquid particle model. In particular, it presents the idea that the change of liquid density inserted in the equation is incorrect from typically classical mechanic approach to kinematic correlations of the physical point.

Key-words: liquid particle; hydro-dynamic velocity; deformational flow; volume change; places of liquid particles.

В.М. Овсянников

**Тождественность правой части волнового
уравнения генерации звука Филлипса
с дополнительным членом конечно-разностного
уравнения неразрывности Эйлера**

Акустикам до сих пор непонятно, как возникает звук в потоке жидкости или газа. Многие из них полагают, что ни один член системы дифференциальных уравнений гидрогазодинамики не может считаться ответственным за генерацию звука, так как её производят члены конечно-разностного уравнения неразрывности более высокого порядка по времени деформации контрольной фигуры, исчезающие при переходе к дифференциальным уравнениям. Статья посвящена выводу этих членов и демонстрации их экспериментального подтверждения волновым уравнением Филлипса.

Ключевые слова: лагранжево уравнение неразрывности; неустойчивое течение; особая точка; волновое уравнение.

Широкий фронт исследований кинематических соотношений, описывающих деформационные движения жидкости, ведется В.А. Бубновым (например, [3]). В 1997 году он обратил внимание на то, что вывод уравнения неразрывности Н.Е. Жуковским в его магистерской диссертации сделан без учета членов высокого порядка малости, в результате чего из уравнения неразрывности выпадают члены, отражающие скорость деформаций сдвига. Во время написания Н.Е. Жуковским этой работы в 1876 году не были еще выведены уравнения пограничного слоя, опубликованные Л. Прандтлем в 1904 году, и не было понимания о существовании течений с большой скоростью деформаций сдвига.

В.А. Бубнов указал путь учета членов более высокого порядка по времени t деформации контрольной фигуры [2; 4]. Оказалось, что учет членов порядка $O(t^2)$ при геометрическом выводе уравнения неразрывности сделал Л. Эйлер, получив в уравнении член с якобианами, отражающими скорости деформаций сдвига, о чем он сообщил в докладе, сделанном 31 августа 1752 года в Берлинской академии наук. Л. Эйлер использовал при этом линейный лагранжев закон движения жидкой частицы. Львом Васильевичем Овсянниковым в 1967 году было выведено лагранжево уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости [9] без дополнительных членов с якобианами в виде $\text{div } V = 0$. Желая проверить наличие или отсутствие членов с якобианами в лагранжевом уравнении неразрывности, в 2010 году [7] я провел вывод уравнения при замене точного экспоненциального закона движения жидкой частицы параболическим законом. Оказалось, что члены с якобианами, возникающие из линейных членов закона движения, формально пропадают, компенсируясь квадратичными членами. Однако линейные

и квадратичные члены обладают различной физической природой происхождения, и поэтому имеются условия, при которых такой компенсации не происходит. Поэтому на неустойчивом усе особой точки седла члены с якобианами, полученные Л. Эйлером, реально проявляются.

Появление в лагранжевом уравнении неразрывности несжимаемой жидкости дополнительного к $\text{div } V$ члена при отличии его от нулевого значения означает, что среда в этом месте должна проявить сжимаемость, изменив плотность, давление и испустить при этом звуковую волну. Режим ее распространения и интенсивность можно получить, выписав аналогичное уравнение для сжимаемого газа.

1. Уравнение неразрывности при параболизации закона движения жидкой частицы. Из анализа решений обыкновенных дифференциальных уравнений известно о неустойчивости течения в окрестности неустойчивого уса особой точки типа седла. Доказательство этого производится на основании теоремы Ляпунова о неустойчивости. Рассмотрим поведение лагранжева уравнения неразрывности в области неустойчивости для плоского двумерного течения несжимаемой жидкости, имеющего общий вид

$$\begin{vmatrix} \partial x / \partial x_b & \partial x / \partial y_b \\ \partial y / \partial x_b & \partial y / \partial y_b \end{vmatrix} = 1. \quad (1)$$

Здесь x, y — координаты жидкой частицы в текущий момент времени t в декартовой системе координат, а x_b, y_b — начальные координаты жидкой частицы в момент времени $t = 0$. Закон движения жидкой частицы $x = x(t), y = y(t)$ находится из решения системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} dx/dt &= ax + by, \\ dy/dt &= cx + ky \end{aligned}$$

с начальными условиями $x = x_b, y = y_b$ при $t = 0$. Здесь постоянные коэффициенты a, b, c, k являются производными компонент скорости вдоль осей x, y :

$$a = \partial u / \partial x, b = \partial u / \partial y, c = \partial v / \partial x, k = \partial v / \partial y.$$

Для окрестности особой точки типа седла решение системы дифференциальных уравнений содержит экспоненциальные функции:

$$\begin{aligned} x &= \{[(s_2 - a) / (s_2 - s_1)] \exp(t s_1) - [(s_1 - a) / (s_2 - s_1)] \exp(t s_2)\} x_b + \\ &+ \{[b / (s_2 - s_1)] [\exp(t s_2) - \exp(t s_1)]\} y_b, \\ y &= [(s_1 - a)(s_2 - a) / (b(s_2 - s_1))] [\exp(t s_1) - \exp(t s_2)] x_b + \\ &+ \{[(s_2 - a) / (s_2 - s_1)] \exp(t s_2) - [(s_1 - a) / (s_2 - s_1)] \exp(t s_1)\} y_b, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$s_1 = (1/2) [a + k + ((a - k)^2 + 4bc)^{0.5}], s_2 = (1/2) [a + k - ((a - k)^2 + 4bc)^{0.5}].$$

Выражения (2) содержат зависимости от трех аргументов — начальных координат жидкой частицы x_b, y_b , времени ее движения t и являются законом движения жидкой частицы в лагранжевом представлении. Для получения лагранжева уравнения неразрывности необходимо взять от выражений (2) частные производные по начальным координатам x_b, y_b и подставить их в левую часть уравнения (1).

Для демонстрации характера и причин неустойчивости разгоняющегося по экспоненте течения в окрестности неустойчивого уса седла заменим экспоненты формул (2) параболами:

$$\begin{aligned} \exp(t s_1) &\approx 1 + s_1 t + s_1^2 t^2 / 2, \\ \exp(t s_2) &\approx 1 + s_2 t + s_2^2 t^2 / 2. \end{aligned}$$

Для координаты x получим:

$$x = \{[(s_2 - a) / (s_2 - s_1)] (1 + s_1 t + s_1^2 t^2 / 2) - [(s_1 - a) / (s_2 - s_1)] (1 + s_2 t + s_2^2 t^2 / 2)\} x_b + [b / (s_2 - s_1)] [(s_2 - s_1) t + (s_2^2 - s_1^2) t^2 / 2] y_b.$$

Для нахождения производных $\partial x / \partial x_b$, $\partial x / \partial y_b$ вычислим сначала некоторые комплексы, необходимые для их записи:

$$(s_2 - a) / (s_2 - s_1) - (s_1 - a) / (s_2 - s_1) = 1,$$

$$(s_2 - a) s_1 / (s_2 - s_1) - (s_1 - a) s_2 / (s_2 - s_1) = (s_1 s_2 - a s_1 - s_1 s_2 + a s_2) / (s_2 - s_1) = a,$$

$$(s_2 - a) s_1^2 / (s_2 - s_1) - (s_1 - a) s_2^2 / (s_2 - s_1) = -s_1 s_2 + a (s_1 + s_2),$$

$$s_1 s_2 = a k - b c,$$

$$s_1 + s_2 = a + k.$$

Производные будут иметь вид:

$$\partial x / \partial x_b = 1 + a t - (a k - b c) t^2 / 2 + a (a + k) t^2 / 2,$$

$$\partial x / \partial y_b = b t + b (s_1 + s_2) t^2 / 2 = b t + b (a + k) t^2 / 2.$$

Для координаты y получим:

$$y = \{(s_1 - a) (s_2 - a) / [b (s_2 - s_1)]\} [(s_2 - s_1) t + (s_2^2 - s_1^2) t^2 / 2] x_b + \{[(s_2 - a) / (s_2 - s_1)] (1 + s_2 t + s_2^2 t^2 / 2) - [(s_1 - a) / (s_2 - s_1)] (1 + s_1 t + s_1^2 t^2 / 2)\} y_b.$$

Для нахождения производных $\partial y / \partial x_b$, $\partial y / \partial y_b$ вычислим сначала некоторые комплексы, необходимые для их записи:

$$(s_1 - a) (s_2 - a) (s_1 - s_2) / [b (s_2 - s_1)] = c,$$

$$(s_1 - a) (s_2 - a) (s_1^2 - s_2^2) / [b (s_2 - s_1)] = c (a + k),$$

$$(s_2 - a - s_1 + a) / (s_2 - s_1) = 1,$$

$$[(s_2 - a) s_2 - (s_1 - a) s_1] / (s_2 - s_1) = k,$$

$$[(s_2 - a) s_2^2 - (s_1 - a) s_1^2] / (s_2 - s_1) = -(a k - b c) + k (a + k).$$

Производные будут иметь вид:

$$\partial y / \partial x_b = c t + c (a + k) t^2 / 2,$$

$$\partial y / \partial y_b = 1 + k t - (a k - b c) t^2 / 2 + k (a + k) t^2 / 2.$$

Лагранжево уравнение неразрывности будет иметь вид:

$$[1 + a t - (a k - b c) t^2 / 2 + a (a + k) t^2 / 2],$$

$$[1 + k t - (a k - b c) t^2 / 2 + k (a + k) t^2 / 2] -$$

$$- [b t + b (a + k) t^2 / 2] [c t + c (a + k) t^2 / 2] = 1.$$

Раскроем скобки, пренебрегая слагаемыми с порядком по t бóльшим, чем t^2 . Получим:

$$1 + (a + k) t + [(a k - b c) - (a k - b c)] t^2 + (a + k)^2 t^2 / 2 = 1.$$

Сократив единицы слева и справа и разделив уравнение на t , получим:

$$\operatorname{div} V + [\partial (u, v) / \partial (x, y) - \partial (u, v) / \partial (x, y)] t + (\operatorname{div} V)^2 t^2 / 2 = 0.$$

Л. Эйлер вывел это уравнение для случая линейного по координатам изменения компонента скорости, когда отношения приращений функций к приращениям аргументов $\Delta u / \Delta x$, $\Delta u / \Delta y$ и т.д. совпадают со значениями частных производных $\partial u / \partial x$, $\partial u / \partial y$ и т.д. Поэтому в терминах, использованных Р. Беллманом [1], конечно-разностное уравнение Эйлера можно именовать дифференциально-разностным и записывать, заменив в нем отношения приращения функций и аргументов производными. Разностный характер этого уравнения связан с приращением времени Δt , присутствующим множителем у якобианов второго порядка. Общий вид лагранжева уравнения неразрывности в виде определителя, приравняемого к единице (1), для плоского двухмерного течения подразумевает, что в начальный момент времени $t = 0$

контрольная фигура в форме квадрата имела единичную площадь. Через время Δt , когда квадрат за счет деформаций превратится в параллелограмм, его площадь вычисляется по формуле векторного произведения двух векторов. Таким образом, время деформации отсчитывается от времени занятия жидкими частицами их начальных координат:

$$x = x_b, y = y_b, \text{ при } t = 0.$$

Вывод волнового уравнения использует производную от лагранжева уравнения неразрывности по времени t . Поэтому в дифференциально-разностном уравнении время деформации Δt можно обозначать также через t .

Отбросив член, пропорциональный квадрату дивергенции скорости как малый, получим для лагранжева уравнения неразрывности при замене экспонент параболлами формулу:

$$\operatorname{div} V + [\partial(u, v) / \partial(x, y) - \partial(u, v) / \partial(x, y)] t = 0.$$

В ней и выше в ее выводе подчеркнуты члены, возникшие в результате учета ускорения в законе движения жидкой частицы. В начальный момент деформации контрольной фигуры при $t \rightarrow 0$ лагранжево уравнение неразрывности имеет вид уравнения неразрывности в переменных Эйлера $\operatorname{div} V = 0$.

С течением времени по мере роста t при нулевом значении разности:

$$\partial(u, v) / \partial(x, y) - \partial(u, v) / \partial(x, y)$$

члены с якобианами возрастают по абсолютной величине, хотя и компенсируют друг друга. Достаточно небольших отклонений в величине этих членов, имеющих различную природу, чтобы течение потеряло устойчивость, и в уравнении неразрывности проявился бы член с якобианом.

Мы использовали параболизацию экспоненциальных функций для демонстрации причин и характера неустойчивости течения жидкости вдоль неустойчивого уса седла. В этом случае ускорение жидкой частицы вынуждено изменяться от времени по экспоненциальному, очень быстро возрастающему закону. Ввиду ограниченности сил в потоке, согласно второму закону Ньютона, бесконечно больших ускорений обеспечено быть не может. Поэтому на излете неустойчивого уса седла ускорение вынуждено возрастать медленнее, а потом вообще прекратиться. Член с якобианом, полученный Эйлером в конечно-разностной форме уравнения неразрывности в 1752 году, может реально проявляться в физических и гидродинамических процессах. Увидеть его реальное проявление можно в акустическом волновом уравнении Филлипса.

2. Сопоставление конечно-разностного уравнения неразрывности Эйлера с волновым уравнением Филлипса. В 2006 г. было выписано конечно-разностное уравнение неразрывности с дополнительным членом, содержащим якобиан, для сжимаемого газа [6]. С его использованием методом акустической аналогии Лайтхилла в форме Голдстейна было получено неоднородное волновое уравнение, содержащее в правой части член, отражающий генерацию звука потоком газа. Для трехмерного течения правая часть содержит три якобиана второго порядка и имеет вид [7: с. 57]:

$$\rho_0 \{[(\partial u / \partial x)(\partial v / \partial y) - (\partial u / \partial y)(\partial v / \partial x)] + [(\partial v / \partial y)(\partial w / \partial z) - (\partial v / \partial z)(\partial w / \partial y)] + [(\partial w / \partial z)(\partial u / \partial x) - (\partial w / \partial x)(\partial u / \partial z)]\},$$

где ρ_0 — плотность газа.

В случае, когда скорость деформаций сдвига сильно превышает скорости деформаций растяжения и сжатия, первые слагаемые в каждом из якобианов пропадают, и из этого выражения получается правая часть волнового уравнения Филлипса, представленная в монографии А.Г. Мунина, В.М. Кузнецова, Е.Л. Леонтьева [5: с. 67 ур. (2.13); 8: с. 41].

$$(\partial u / \partial y) (\partial v / \partial x) + (\partial v / \partial z) (\partial w / \partial y) + (\partial w / \partial x) (\partial u / \partial z).$$

Плотность газа ρ_0 находится в знаменателе левой части уравнения Филлипса, поэтому в правой части отсутствует.

Заключение. Волновое уравнение Филлипса, полученное в 1960 году, на протяжении 50 лет многократно сопоставлялось с результатами акустических экспериментов и показало хорошее с ними согласование. Поэтому можно говорить о реальном проявлении членов с якобианами конечно-разностного уравнения неразрывности, выведенного Л. Эйлером.

Литература

1. Беллман Р. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений / Р. Беллман. – М.: УРСС, 2003. – 215 с.
2. Бубнов В.А. Кинематика жидкой частицы / В.А. Бубнов // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике: сб. ст. – Вып. 7. – М.: Прометей, 1999. – С. 11–29.
3. Бубнов В.А. Некоторые замечания о потенциальных гидродинамических течениях / В.А. Бубнов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». – 2010. – № 2 (6). – С. 7–13.
4. Бубнов В.А. Физические принципы гидродинамических движений / В.А. Бубнов // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике: сб. ст. – Вып. 4. – М.: Прометей, 1997. – С. 206–269.
5. Мунин А.Г. Аэродинамические источники шума / А.Г. Мунин, В.М. Кузнецов, Е.Л. Леонтьев. – М.: Машиностроение, 1981. – 248 с.
6. Овсянников В.М. Введение в аксиоматическую механику жидкости, основанную на базисных экспериментах с жидкостью / В.М. Овсянников // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике: сб. ст. – Вып. 15. – М.: Прометей, 2006. – С. 19–51.
7. Овсянников В.М. Конечно-разностное уравнение неразрывности Леонарда Эйлера / В.М. Овсянников // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике: сб. ст. – Вып. 20. – М.: Прометей, 2010. – 120 с.
8. Овсянников В.М. Конечно-разностное уравнение неразрывности Леонарда Эйлера. Продолжение раздела 5 / В.М. Овсянников // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике: сб. ст. – Вып. 21. – М.: Прометей, 2010. – С. 37–50.
9. Овсянников Л.В. Общие уравнения и примеры / Л.В. Овсянников // Задача о неустановившемся движении жидкости со свободной границей. – Новосибирск: Наука, 1967. – С. 5–75.

Literatura

1. Bellman R. Teoriya ustojchivosti reshenij differencial'ny'x uravnenij / R. Bellman. – М.: URSS, 2003. – 215 s.
2. Bubnov V.A. Kinematika zhidkoj chasticzy' / V.A. Bubnov // Problemy' aksiomatiki v gidroinamike: sb. st. – Vy'p. 7. – М.: Prometej, 1999. – S. 11–29.
3. Nekotory'e zamechaniya o potencial'ny'x gidroinamicheskix techeniyax / V.A. Bubnov // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». – 2010. – №. 2 (6). – S. 7–13.

4. *Bubnov V.A.* Fizicheskie principy' gidrodinamicheskix techenij / V.A. Bubnov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 4. – M.: Prometej, 1997. – S. 206–269.
5. *Munin A.G.* Ae'rodinamicheskie istochniki shuma / A.G. Munin, V.M. Kuznecov, E.L. Leont'ev. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 248 s.
6. *Ovsyannikov V.M.* Vvedenie v aksiomaticheskuyu mexaniku zhidkosti, osnovannuyu na bazisny'x e'ksperimentaz s zhidkost'yu / V.M. Ovsyannikov // Problemy' aksiomatiki v gidrogazodinamike: sb. st. – Vy'p. 15. – M.: Prometej, 2006. – S. 19–51.
7. *Ovsyannikov V.M.* Konechno-raznostnoe uravnenie neprery'vnosti Leonarda E'jlера / V.M. Ovsyannikov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 20. – M.: Prometej, 2010. – 120 c.
8. *Ovsyannikov V.M.* Konechno-raznostnoe uravnenie nepreryvnosti Leonarda E'jlера Prodolzhenie razdela 5 / V.M. Ovsyannikov // Problemy' aksiomatiki v gidrodinamike: sb. st. – Vy'p. 21. – M.: Prometej, 2010. – S. 37–50.
9. *Ovsyannikov L.V.* Obshhie uravneniya i primery' / L.V. Ovsyannikov // Zadacha o neustanovivshemsya dvizhenii zhidkosti so svobodnoj granicej. – Novosibirsk: Nauka, 1967. – S. 5–75.

V.M. Ovsyannikov

Identity of the Right Part of Phillips's Wave Equation of Sound Generation with an Additional Member of Euler's Finite Difference Continuity Equation

Acousticians are still at a loss concerning the issue of the origin of the sound in a flow of liquid or gas. Many of them suppose that neither member of hydro-dynamics differential equations system can't be treated as responsible for sound generation, the latter produced by members of finite difference continuity equation, belonging to a higher order of deformation period of a check piece and withdrawing while passing over to differential equations. The paper is devoted to identification of these members and demonstration of their experimental attestation through Phillips's wave equation.

Key-words: Lagrangean continuity equation; unstable flow; equilibrium point; wave equation.

**И.Н. Сенчихин,
Е.С. Жаворонок,
В.И. Ролдугин**

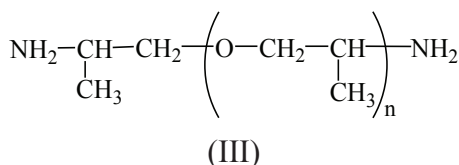
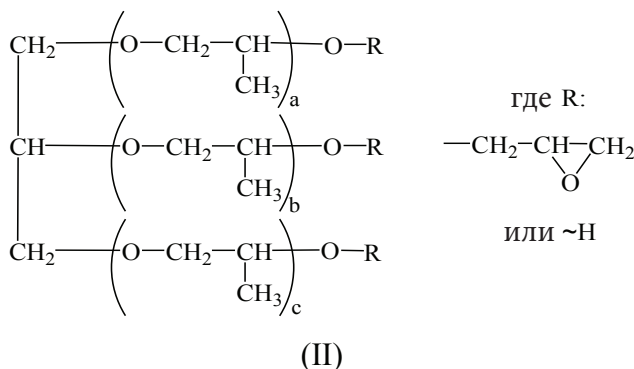
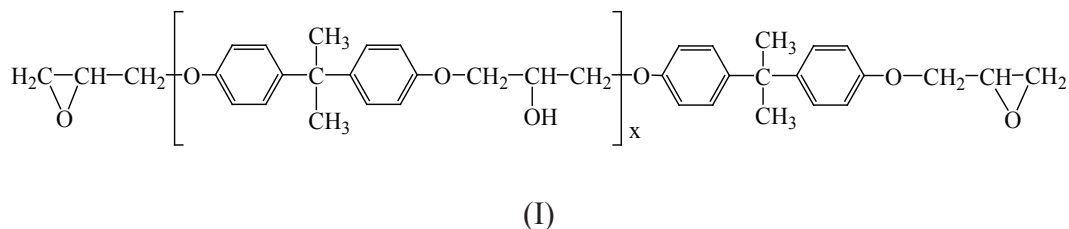
ТТТ-диаграммы отверждающихся эпоксиаминных смесей на основе дианового и алифатического эпоксидных олигомеров

Экспериментально изучены процессы отверждения смесей эпоксидных олигомеров алифатическим амином при комнатной и повышенных температурах. Проанализирована эволюция температуры стеклования при различных условиях отверждения и построены ТТТ-диаграммы, на основе которых предложены рекомендации по оптимизации режима отверждения ниже комнатной температуры. Определено время доотверждения, требуемое для достижения максимальной степени превращения при минимально возможной температуре.

Ключевые слова: ТТТ-диаграммы; эпоксиаминные системы; температура стеклования; дифференциальная сканирующая калориметрия; «холодное» отверждение.

Создание низковязких эпоксидных связующих естественного и «холодного» (ниже комнатной температуры) отверждения, не содержащих токсичных и пожароопасных растворителей, представляет собой актуальную научно-практическую задачу. Для этой цели в качестве модификаторов диановых эпоксидных олигомеров (ЭО) используются активные разбавители — низковязкие эпоксидные соединения, способные химически участвовать в отверждении. В этом отношении особенно интересны полифункциональные алифатические ЭО, которые, обладая относительно низкой вязкостью, способны встраиваться в трехмерную эпоксиаминную сетку при отверждении. Отметим, что проведение эксперимента (отверждения ЭО) при температурах ниже комнатной сопряжено с рядом неудобств, так что особый интерес представляет возможность прогнозирования отверждения при этих условиях. В связи с этим, в настоящей работе изучено отверждение эпоксиаминных систем на основе дианового и алифатического ЭО и, при помощи ТТТ-диаграмм, предложены рекомендации для оптимизации «холодного» отверждения.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования использовались диановый ЭО (I) ЕРІКОТЕ 828 (Е828, $M_n = 375$, $f_{ЭП} = 1.99$) и (II) полиглицидиловый эфир олигооксипропилентриола Лапроксид 703 (Л703, $M_n = 732$, $f_{ЭП} = 2.43$), а также аминный отвердитель — (III) олигооксипропилендиамин Jeffamine D-230 (J230, $M_n = 230$, $f_{NH} = 4.0$), структурные формулы которых имеют следующий вид:



Смеси ЭО готовили при комнатной температуре. Отвердители вводили в стехиометрическом количестве в расчете на общее содержание эпоксидных групп в смеси ЭО. Началом процесса отверждения считали момент добавления отвердителя в бинарную смесь или индивидуальный ЭО.

Исследования проводили на приборе TA Instruments DSC Q100 (США) в динамическом режиме при постоянной скорости нагрева 10 К/мин в диапазоне температур от -80 до $+250^\circ\text{C}$. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы TA Universal Analysis 2000 (V.4.2). Отверждающиеся образцы для ДСК предварительно выдерживали при комнатной температуре $T_{\text{комн.}} = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, а также в термощкафу при повышенных температурах ($T_{\text{cure}} = 40 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 1^\circ\text{C}$ и $80 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение заданного времени, затем помещали в камеру прибора. Степень превращения α рассчитывали, исходя из общей и остаточной энтальпий процесса [1–3]. Предельно отвержденные пленки получали на приборе ДСК в динамическом режиме при прогревании до 250°C . Повторное сканирование того же образца показало отсутствие экзотермических эффектов в диапазоне температур $40\text{--}180^\circ\text{C}$, что говорит о полном отверждении.

Результаты и их обсуждение. Термограммы ДСК частично предотвращенных эпоксиминовых образцов характеризуются единственной областью расстекловывания и унимодальным экзотермическим пиком, соответствующим тепловому эффекту доотверждения образца [1]. По мере увеличения времени предварительного прогрева (т.е. при увеличении степени отвержде-

ния образца) наблюдается уменьшение экзотермического теплового эффекта, а также сдвиг области расстекловывания и температуры стеклования в область более высоких температур.

Типичные зависимости температуры стеклования от времени предварительного прогрева представлены на рисунке 1. Приведенные кривые имеют традиционный характер, с выходом на постоянное значение $T_{g\infty}$. Из них видно, что увеличение доли алифатического ЭО в образце снижает температуру стеклования системы, но замедляет достижение значения $T_{g\infty}$. Это справедливо и для прочих температур отверждения. При повышении температуры отверждения величина $T_{g\infty}$ для составов с высоким содержанием дианового ЭО возрастает [1]. Исследование предельно отвержденных пленок того же состава показало, что при высоком содержании E828 температура стеклования этих пленок заметно превышает $T_{g\infty}$. Сравнение этих данных проведено на рисунке 2. При содержании Л703 в смеси с E828 от 30 до 100 мас. % между температурами стеклования наблюдается хорошая корреляция: точки аппроксимируются прямой с углом наклона $\approx 45^\circ$. При низком же содержании Л703 и относительно низких температурах отверждения (20 и 40°C) наблюдается отрицательное отклонение от этой прямой. Очевидно, это объясняется тем, что при достижении $T_g = T_{\text{cure}}$ отверждающаяся эпоксисинтетическая система переходит в стеклообразное состояние, вследствие чего химические процессы (а, следовательно, и изменение T_g) резко замедляются.

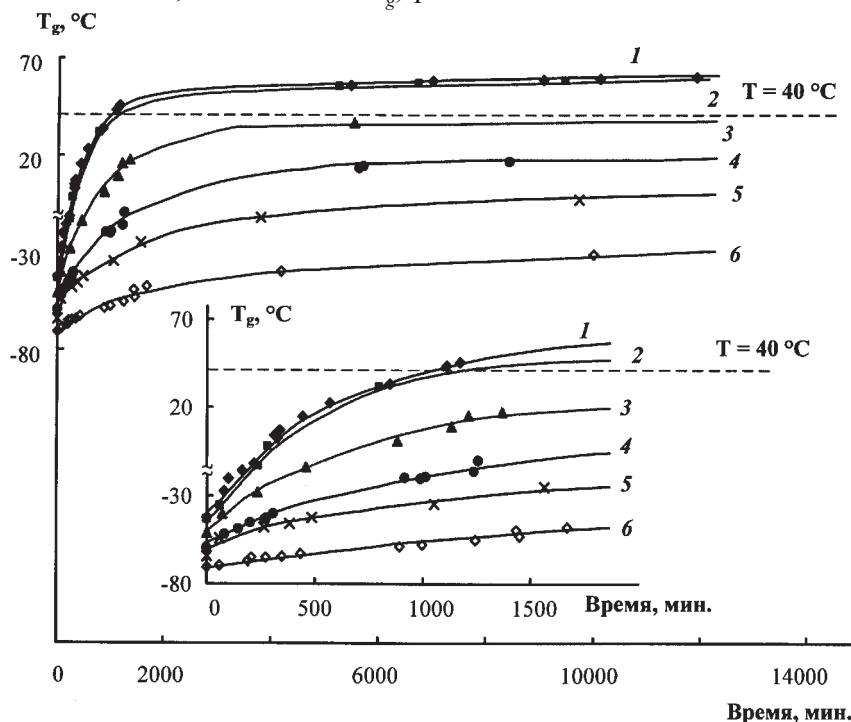


Рис. 1. Изменение температуры стеклования бинарной системы E828-Л703, отверждаемой J230, со временем отверждения при 40°C . На вставке приведено изменение T_g в начальный период отверждения. Содержание Л703 в смеси с E828:

(1) — 0, (2) — 5 мас. %, (3) — 30 мас. %, (4) — 50 мас. %, (5) — 70 мас. %, (6) — 100 мас. %.

Отсюда следует, что при «холодном» отверждении (ниже комнатной температуры) эпоксиаминные системы с невысоким содержанием алифатического ЭО (которые обычно применяются на практике) будут переходить в застеклованное состояние, отвердившись не полностью. Вследствие этого, в течение длительного времени следует ожидать изменения свойств эпоксиаминной системы, что негативно скажется на эксплуатации материала. С целью оптимизации условий отверждения, т.е. для получения эпоксиаминного полимера со стабильными свойствами нами были построены ТТТ-диаграммы (*time-temperature-transformation diagram*) отверждающихся систем. Они представляют собой графическое отображение времени отверждения, соответствующего гелеобразованию и застекловыванию, при различных температурах изотермического отверждения [4–5]. Иногда ТТТ-диаграммы ограничиваются только фиксацией области стеклования, отображая кривую, разделяющую области, с одной стороны, жидкого / высокоэластического состояния, а с другой — стеклообразного [6].

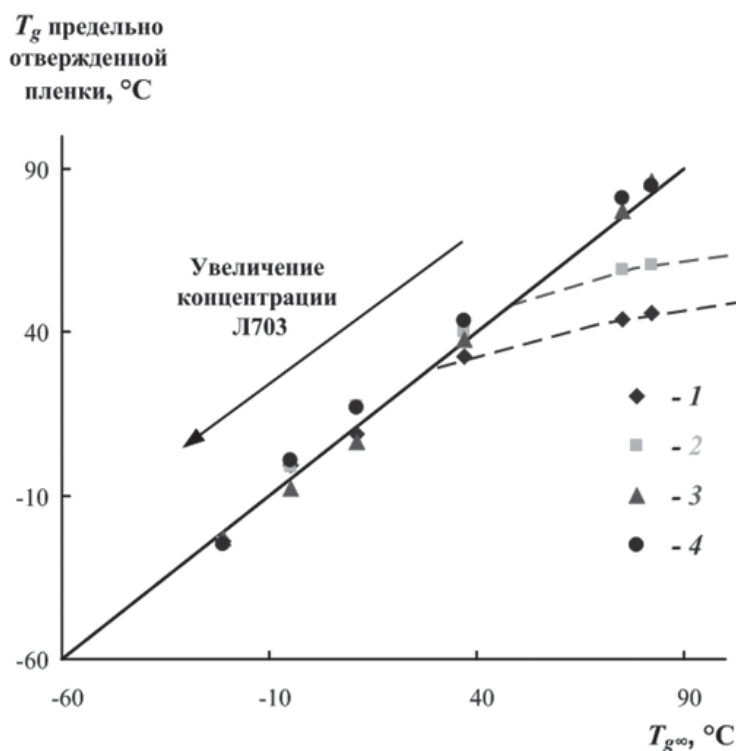


Рис. 2. Корреляция между температурой стеклования предельно отвержденной эпоксиаминной пленки и $T_{g^{\infty}}$ для системы E828-Л703-J230 при различных температурах отверждения: (1) — 20°C; (2) — 40°C; (3) — 60°C; (4) — 80°C.

По полученным экспериментальным данным для систем с содержанием Л703 до 50 мас. % были построены ТТТ-диаграммы (рис. 3). При более высоком содержании Л703 в смеси с E828 температура стеклования предельно отвержденной пленки заметно ниже 0°C (рис. 2), так что застекловывания системы в процессе отверждения можно не опасаться. Дополнительные точки

при температурах отверждения 0 и 10°C и для состава E828 : Л703 = 50 : 50 мас. % были получены линейной аппроксимацией.

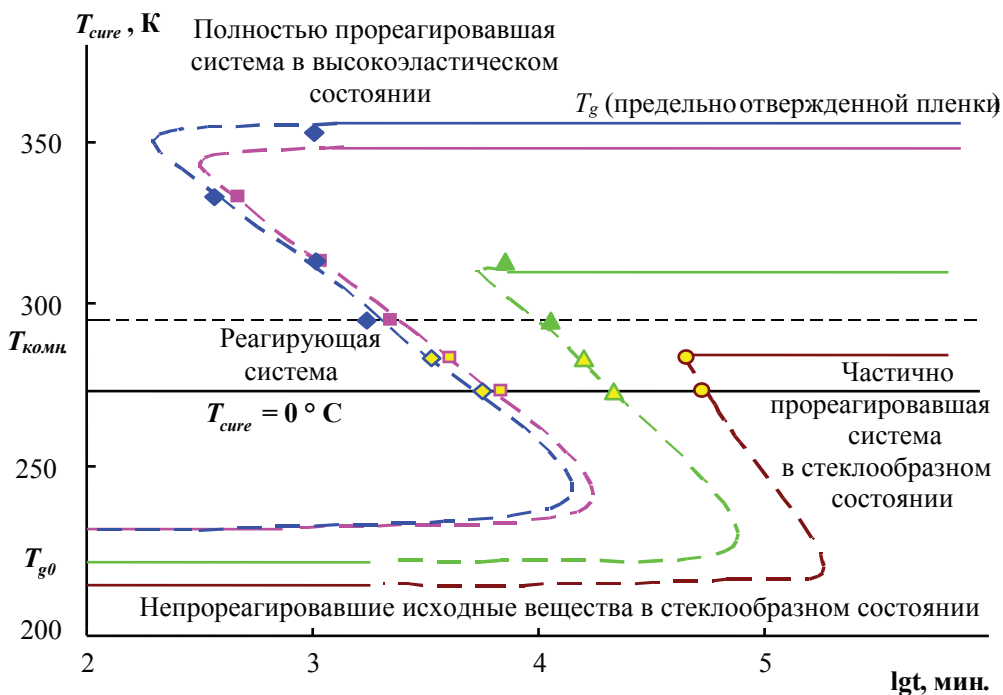


Рис. 3. ТТТ-диаграммы отверждающихся смесей E828-Л703-J230. Содержание Л703 в смеси с E828: (1) — 0, (2) — 5 мас. %; (3) — 30 мас. %; (4) — 50 мас. %.

Кривые стеклования (рис. 3) аппроксимированы S-образными зависимостями, которые, в соответствии с работой [4], обусловлены противоположным характером температурной зависимости вязкости и константы скорости отверждения. При температурах отверждения немного выше T_{g0} время стеклования (в зависимости от температуры отверждения) должно проходить через максимум [4]. Однако для изучаемых систем эта область лежит ниже комнатной температуры, в области отрицательных температур отверждения. Наоборот, при более высоких температурах отверждения время стеклования проходит через минимум, благодаря противоположному изменению с температурой константы скорости отверждения и уменьшению концентрации реагентов при стекловании (когда достигается T_{gp}) [4]. Авторами работы [4] предложен способ теоретического расчета кривой стеклования на основании параметров уравнений Ди Бенедетто и Аррениуса, однако, учитывая точность определения последних, подобный расчет для наших систем себя не оправдал.

Из рисунка 3 видно, что с увеличением количества Л703 в системе кривая стеклования закономерно сдвигается в область более высоких времен и низких температур отверждения. Таким образом, температурно-временная зона, в которой отверждение может происходить без стеклования, увеличивается.

Таблица 1

Оптимальные режимы «холодного»
и естественного отверждения смесей E828 и J703

E828:J703, мас. %	«Холодное» / естественное отверждение	Доотверждение
100 : 0	2 415 мин. ($\approx 1,7$ сут.) при 0°C 1 560 мин. ($\approx 1,1$ сут.) при 10°C 938 мин. ($\approx 15,6$ ч) при 22°C	15 мин. при 85°C
95 : 5	4 710 мин. ($\approx 3,3$ сут.) при 0°C 2 594 мин. ($\approx 1,8$ сут.) при 10°C 1 253 мин. ($\approx 21,0$ ч) при 22°C	15 мин. при 76°C
70 : 30	7 534 мин. ($\approx 5,2$ сут.) при 0°C 2 844 мин. ($\approx 2,0$ сут.) при 10°C 1 112 мин. ($\approx 18,5$ ч) при 22°C	20 мин. при 40°C

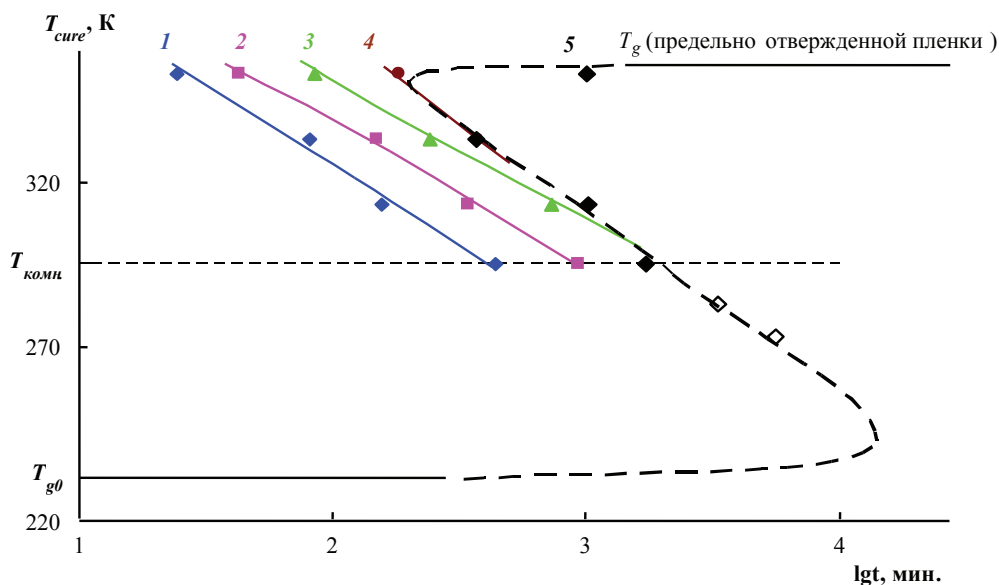


Рис. 4. ТТТ-диаграмма E828, отверждаемого J230, с изоконверсионными кривыми:

(1) — $\alpha(T_g) = 20\%$, (2) — $\alpha(T_g) = 40\%$,
(3) — $\alpha(T_g) = 60\%$, (4) — $\alpha(T_g) = 80\%$, (5) — $T_{cure} = T_g$.

На ТТТ-диаграммы часто наносят так называемые изоконверсионные кривые — зависимости времени реакции, соответствующего достижению определенной степени превращения при постоянной температуре отверждения. Типичный вид таких зависимостей в сочетании с кривой стеклования на примере системы E828-J230 представлен на рисунке 4. ТТТ-диаграмма с изоконверсионными кривыми позволяет прогнозировать оптимальный режим отверждения смесей ЭО, т.е. определить минимальное время отверждения при заданной низкой температуре и минимальные время и температуру отверждения при высокой температуре, необходимые для полного отверждения системы. Следует отметить, что диффузионные ограничения при отверждении могут начаться уже при гелеобразовании, которое в эпоксиаминных системах обычно происходит

при степени превращения $\geq 40\%$. Поэтому мы сочли целесообразным доводить отверждение при низкой температуре до $\alpha = 40\%$, а затем повышать температуру до T_g (предельно отвержденной пленки) с запасом $5\text{--}10^\circ\text{C}$ и фиксировать время, необходимое для достижения кривой стеклования с запасом $5\text{--}10$ минут. Некоторые оптимальные режимы «холодного» и естественного отверждения смесей E828 и L703 представлены в таблице 1.

Отметим, что, в зависимости от реальных условий «холодного»/естественного отверждения, на ТТТ-диаграмме возможно построить траекторию отверждения эпоксиаминной системы. Эта траектория будет не только определять состояние системы в данный момент, но и позволит выбрать необходимый режим доотверждения, в том числе с учетом заранее заданной температуры доотверждения.

Заключение. Таким образом, изучены и охарактеризованы условия отверждения трехкомпонентных эпоксиаминных смесей. Показано, что добавление алифатического ЭО снижает вероятность застекловывания при «холодном» и естественном отверждении, однако она все же сохраняется при его относительно низких содержаниях, обычно используемых на практике. Показана возможность прогнозирования состояния системы при фиксированных температуре и времени по данным построенных ТТТ-диаграмм. Предложены рекомендации по выбору оптимальных условий отверждения таких систем.

Литература

1. Жаворонок Е.С. Особенности отверждения смесей дианового и алифатического эпоксидных олигомеров с различной реакционной способностью / Е.С. Жаворонок, И.Н. Сенчихин, Е.Ф. Колесникова, А.Е. Чалых, М.Р. Киселев, В.И. Ролдугин // Высокомолек. соед.. Серия Б. – 2010. – Т. 52. – № 4. – С. 706–714.
2. Barton J.M. The application of differential scanning calorimetry (DSC) to the study of epoxy resin curing reactions / J.M. Barton // Advances in polymer science: Epoxy resins and composites I. – Berlin, Heidelberg: Springer, 1985. – V. 72. – P. 111–154.
3. Boey F.Y.C. Experimental modeling of the cure kinetics of an epoxy-hexahydro-4-methylphthalicanhydride (МННРА) system / F.Y.C. Boey, W. Qiang // Polymer. – 2000. – V. 41. – P. 2081–2094.
4. Enns J.B. Time-Temperature-Transformation (TTT) cure diagram: modeling the cure behavior of thermosets / J.B. Enns, J.K. Gillham // J. Appl. Polym. Sci. – 1983. – V. 28. – P. 2567–2591.
5. Gillham J.K. On the cure and properties of thermosetting polymers using torsional braid analysis / J.K. Gillham, J.B. Enns // Trends in Polymer Science. – 1994. – V. 2. – № 12. – P. 406–419.
6. Wang X. Analysis of crosslinking in amine-cured epoxy systems: the one-to-one relationship between T_g and conversion / X. Wang, J.K. Gillham // J. of Appl. Polym. Sci. – 1992. – V. 45. – P. 2127–2143.

Literatura

1. Zhavoronok E.S. Osobennosti otverzheniya smesey dianovogo i alifaticheskogo e'poksidnyx oligomerov s razlichnoj reakcionnoj sposobnost'yu / E.S. Zhavoronok, I.N. Senchixin, E.F. Kolesnikova, A.E. Chaly'x, M.P. Kisevov, V.I. Roldugin // Vy'sokomolek. soed. Ser. B. – 2010. – Т. 52. – № 4. – S. 706–714.

2. *Barton J.M.* The application of differential scanning calorimetry (DSC) to the study of epoxy resin curing reactions / J.M. Barton // *Advances in polymer science: Epoxy resins and composites I.* – Berlin, Heidelberg: Springer, 1985. – V. 72. – P. 111–154.
3. *Boey F.Y.C.* Experimental modeling of the cure kinetics of an epoxy-hexahydro-4-methylphthalicanhydride (MHPA) system / F.Y.C. Boey, W. Qiang // *Polymer.* – 2000. – V. 41. – P. 2081–2094.
4. *Enns J.B.* Time-Temperature-Transformation (TTT) cure diagram: modeling the cure behavior of thermosets / J.B. Enns, J.K. Gillham // *J. Appl. Polym. Sci.* – 1983. – V. 28. – P. 2567–2591.
5. *Gillham J.K.* On the cure and properties of thermosetting polymers using torsional braid analysis / J.K. Gillham, J.B. Enns // *Trends in Polymer Science.* – 1994. – V. 2. – № 12. – P. 406–419.
6. *Wang X.* Analysis of crosslinking in amine-cured epoxy systems: the one-to-one relationship between T_g and conversion / X. Wang, J.K. Gillham // *J. of Appl. Polym. Sci.* – 1992. – V. 45. – P. 2127–2143.

*I.N. Senchikhin,
E.S. Zhavoronok,
V.I. Roldugin*

TTT-diagrams of Hardening Epoxy-amine Resins Based on Dianovean and Aliphatic Epoxy Oligomers

The paper studies curing processes of epoxy oligomer resins with aliphatic amine in room temperature and heightened temperature. Vitrification temperature under different curing conditions is analysed; built TTT-diagrams serve as basis for proposed recommendations on optimizing curing process in below-room temperature. Aftercure time-interval required for getting the maximum transformational degree in minimum possible temperature is defined.

Key-words: TTT-diagrams; epoxy-amine systems; vitrification temperature; differential scanning calorimetry; ‘cold’ hardening.

**В.М. Войтова, И.Н. Сенчихин,
К.Е. Полунин, И.А. Полунина,
А.В. Ульянов, А.К. Буряк,
В.И. Радугин**

Термоанализ композитов на основе резвератрола, нанесенного на поверхность твердой дисперсной фазы¹

Методами термогравиметрического анализа, дифференциальной сканирующей калориметрии и термодесорбционной хромато-масс-спектрометрии изучена термостойкость композитов на основе резвератрола, нанесенного на поверхность графитированной термической сажи (ГТС). Проведено сопоставление результатов, полученных при термоллизе чистого резвератрола и резвератрола, адсорбированного на ГТС из диэтилового эфира. Обнаружено увеличение термостойкости резвератрола, нанесенного на поверхность ГТС, определены области максимального выделения продуктов термоллиза, частично идентифицирован их состав.

Ключевые слова: стильбены, резвератрол, графитированная термическая сажа (ГТС), десорбция, термический анализ.

Молекулы стильбеноидов, в том числе биологически активного резвератрола, способны к самоорганизации на поверхности твердой фазы и могут быть использованы в качестве фото- и биохимических сенсоров и датчиков [11]. Термостойкость подобных композитов имеет огромное значение для их практического использования. Кроме того, *резвератрол* обладает значительной физиологической активностью [10] и мог бы применяться в качестве лекарственного средства. В настоящее время синтетический резвератрол стал коммерчески доступным, но дорогим препаратом, эффективность использования которого можно значительно повысить путем его иммобилизации на поверхности твердой дисперсной фазы. Однако известно [2], что иммобилизация органического соединения на поверхности твердой фазы может существенно изменить его физико-химические характеристики и нуждается в тщательном исследовании как продуктов поверхностного взаимодействия с подложкой, так и продуктов десорбции.

Ранее [4; 6] нами была исследована адсорбция резвератрола на поверхности некоторых оксидов и состав образующихся модифицирующих слоев. Цель данного исследования — изучение физико-химических свойств композитов на основе резвератрола, иммобилизованного на поверхности графитированной термической сажи (ГТС). В работе сопоставлены данные о термоллизе чистого резвератрола и резвератрола, иммобилизованного на поверхности

¹ Работа поддержана грантом РФФИ № 09-08-01231.

ГТС, полученные методами термогравиметрического анализа (ТГА), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термодесорбционной хромато-масс-спектрометрии (ТДМС), определено количество выделяющихся продуктов пиролиза, частично идентифицирован их состав, количественно охарактеризованы тепловые эффекты процессов.

Экспериментальная часть

В настоящей работе использован резвератрол $C_{14}H_{12}O_3$ (транс-3,5,4'-тригидроксистильбен от фирмы Ascus (Россия) 98% чистоты.

В качестве адсорбента выбрана графитированная термическая сажа (ГТС) марки Sterling FTFF (Чехия), непористая, с удельной поверхностью $S_{уд} = 11 \text{ м}^2/\text{г}$, рассчитанной по методу БЭТ из изотерм низкотемпературной адсорбции азота.

Адсорбцию резвератрола на ГТС проводили из его растворов в абсолютном диэтиловом эфире путем перемешивания суспензий адсорбента в закрытом объеме в течение 3 часов [4]. Концентрация резвератрола составляла не более 1% от веса адсорбента.

Термостойкость композитов исследовали методом термогравиметрии путем непрерывно регистрации изменения массы образца в диапазоне температур 20–600°C при скоростях нагрева w^+ 10, 20 и 30 град. / мин в атмосфере аргона высокой чистоты или сухого воздуха. Исследования проводили на приборе TA Instruments TGA Q-500 (США), обработка экспериментальных данных выполнялась с помощью программы TA Universal Analysis 2000 (V. 4.2).

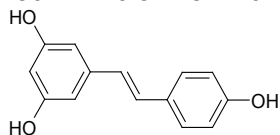
Для определения теплофизических свойств объектов исследования применяли дифференциальный сканирующий калориметр TA Instruments DSC Q-100 (США), обработка данных выполнялась с помощью программы TA Universal Analysis 2000 (V. 4.2). Образцы массой 5,0–8,0 мг исследовали в динамическом режиме при $w^+ = 20$ град. / мин в атмосфере аргона в диапазоне температур 0–500°C.

Продукты пиролиза резвератрола на поверхности ГТС исследовали методом газовой хроматографии с помощью хромато-масс-спектрометра Jeol JMS-D300 (Япония) с компьютером JMA-2000, хроматографом HP 5890 (капиллярная колонка DB-5 размером 30 м × 0,53 мм). В качестве газа-носителя использовали гелий ($v = 5 \text{ мл / мин}$). При термодесорбционных исследованиях образец помещался в кварцевый капилляр (пиролизер), непосредственно присоединенный к ионному источнику хромато-масс-спектрометра. Пиролизер нагревался до 400°C с линейной скоростью от 20 град./мин. Скорость записи спектров в диапазоне массовых чисел от 10 до 300 m/z (где m/z — отношение массы иона к его заряду) либо от 40 до 800 m/z варьировалась от 2 до 10 с. Продукты пиролиза и десорбции попадали непосредственно в ионный источник прибора, температура которого составляла 150°C, энергия ионизирующих электронов — 70 эВ, ускоряющее напряжение — 3 кВ. Идентифицировали соединения на основании закономерностей фрагментации органических соединений под электронным ударом и данных библиотеки масс-спектров [1; 3]. Расчеты энергий активации процессов десорбции и деструкции проводились по методикам, изложенным в [9].

Обсуждение результатов

На рисунках 1–2 приведены результаты исследования исходного резвератрола методами пиролитической масс-спектрометрии, ТГА и ДСК.

Масс-спектр резвератрола (рис. 1) полностью соответствует литературным данным [7] и характеризуется интенсивным молекулярным ионом с m/z 228 и набором характеристических осколочных ионов, из которых наибольшую интенсивность имеют ионы с m/z 229 ($M + 1$) и 227 ($M - 1$).



Интенсивность, усл. ед.

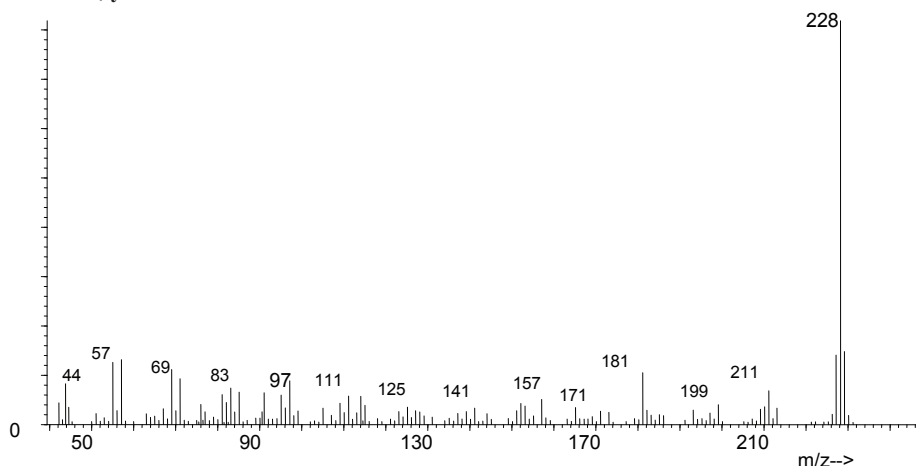


Рис. 1. Масс-спектр исследованного резвератрола.

При нагревании резвератрола с постоянной скоростью 20 град./мин на термограмме продуктов выделения в области температур 200–260°C регистрируется появление пиков его молекулярного (m/z 228) и осколочных ионов, что связано с сублимацией молекулярного резвератрола. Расчеты энергии активации реакции сублимации резвератрола [9] дают значения 150 кДж/моль (порядок реакции $n = 1$).

Экспериментальные кривые ДСК и ТГА для чистого резвератрола представлены на рисунке 2. На кривой ДСК в диапазоне 235–280°C проявляется эндотермический эффект (237 Дж/г) с температурой максимума пика 270°C, в то время как на ТГА в этой же температурной области наблюдается 8-процентное уменьшение массы, связанное, по всей видимости, с плавлением резвератрола и его последующей возгонкой (о чем также свидетельствует дальнейшая потеря массы) [8]. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными [7].

Термический анализ ГТС и продуктов выделения с поверхности сажи позволил установить, что при ее нагревании в токе аргона до 100°C выделяется вода. При дальнейшем увеличении температуры до 600°C регистрируется лишь незначительная потеря веса образца, связанная с его дегидратацией и дегазацией.

После адсорбции резвератрола на ГТС кривые ТГА модифицированного образца существенно изменили свою форму. При сравнении кривых ТГА на рисунках 2 и 3 отчетливо заметно, что появились две температурные области изменения массы образца.

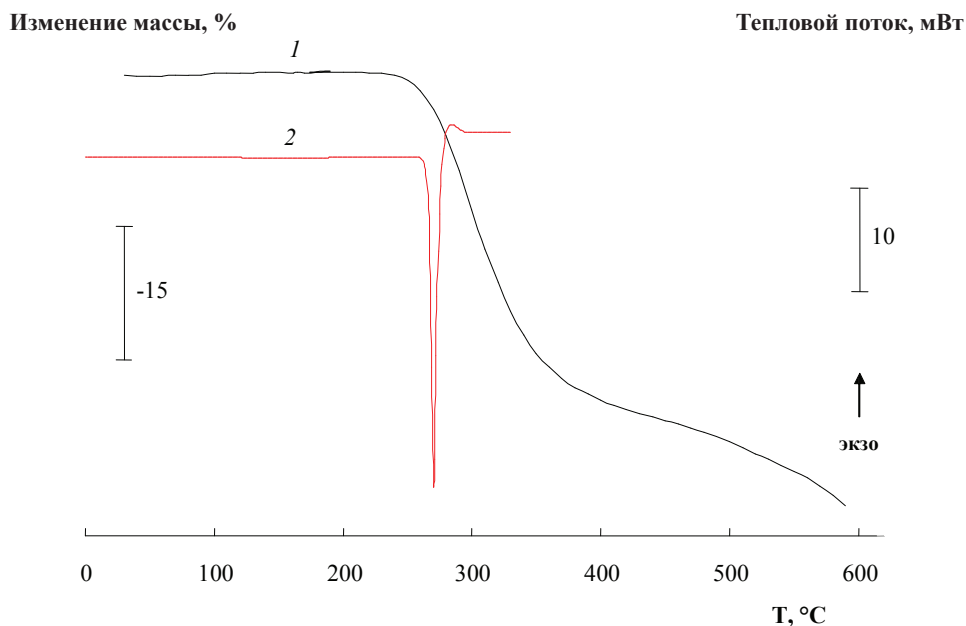


Рис. 2. Термограммы ТГА (1) и ДСК (2) чистого резвератрола, записанные при скорости нагрева $w^+ = 20$ град. / мин.

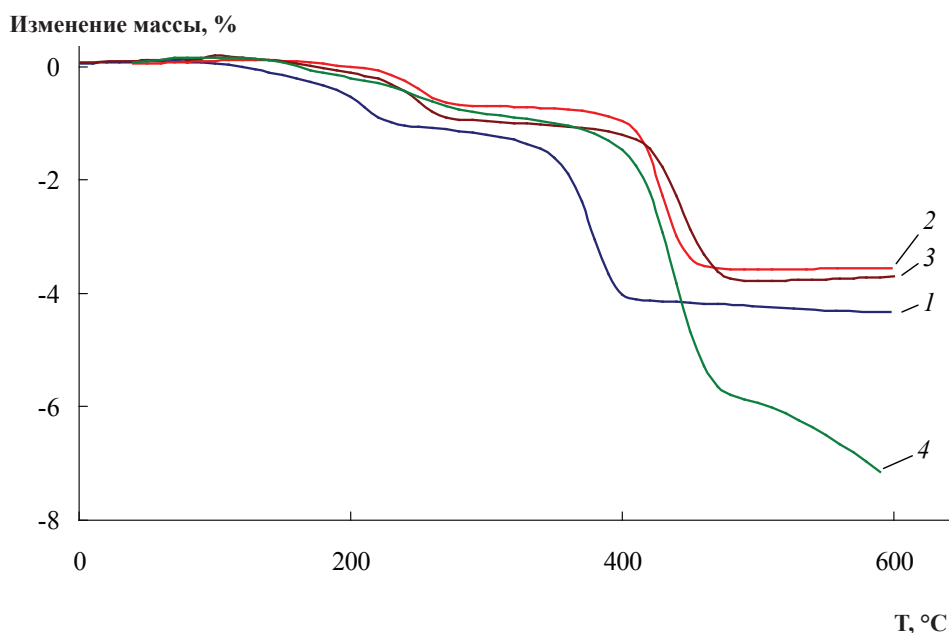


Рис. 3. Термограммы ТГА резвератрола, адсорбированного на ГТС, при различных скоростях нагрева w^+ : (1) — 5 град. / мин., (2) — 10 град. / мин., (3) — 20 град. / мин., (4) — 30 град. / мин.

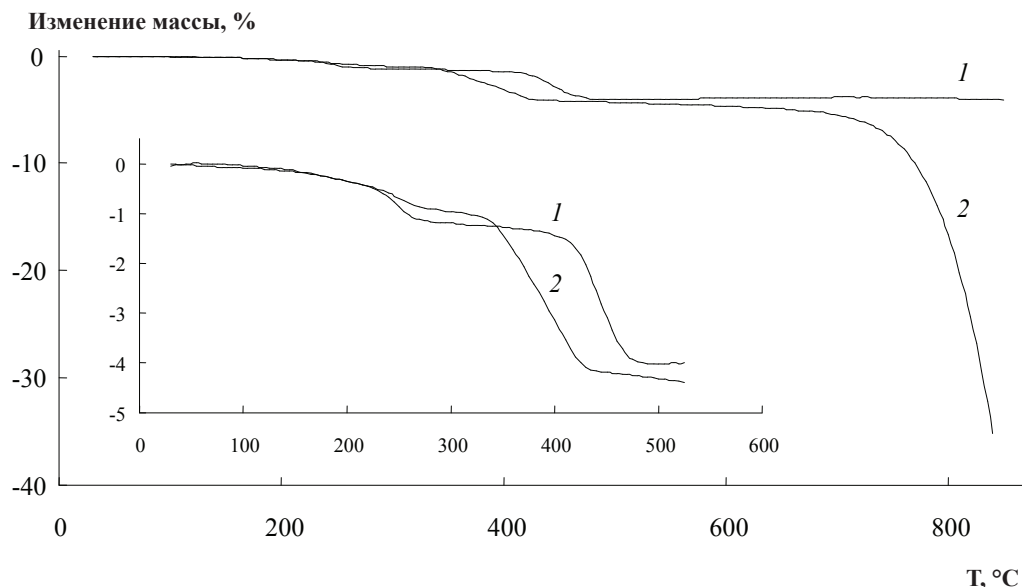


Рис. 4. Термограммы ТГА резвератрола, адсорбированного на ГТС, полученные в различных атмосферах:

(1) — аргон, (2) — сухой воздух.

На изучение процессов термоллиза влияют условия проведения эксперимента [8], поэтому для выбора оптимальных условий эксперимента нами было исследовано влияние скорости нагревания образца и атмосферы термоллиза. Как видно из рисунка 3, использование скорости 5 и 30 град. / мин приводит к значительному изменению кривых ТГА. Поскольку термограммы, полученные при скоростях 10 и 20 град. / мин, отличались незначительно, скорость 20 град. / мин была выбрана в качестве оптимальной.

Использование аргона в качестве атмосферы печи при нагревании модифицированного ГТС, в соответствии с данными, представленными на рисунке 4, более предпочтительно, чем использование сухого воздуха, который выполняет роль окисляющего агента и тем самым изменяет состав выделяющихся газов, сглаживая области потери массы (при 200–300°C) или значительно их увеличивая (кривая 2).

На рисунке 5 приведены кривые ТГА и ДСК резвератрола, адсорбированного на ГТС. Сопоставление ТГА-кривой исходного резвератрола (рис. 2) и резвератрола, адсорбированного на ГТС, позволяет обнаружить изменения, произошедшие с адсорбатом в области 400°C. Первый перегиб на термограмме ТГА адсорбированного резвератрола при 250°C наблюдается при тех же температурах, что и чистого резвератрола. В этой области происходит плавление адсорбированного резвератрола, молекулы которого практически не изменили своих физико-химических характеристик, т.е. слабо связанных с поверхностью ГТС. Потеря до 20% массы вещества в этой области протекает как эндотермическая реакция и характеризуется слабым пиком на кривой ДСК.

В области 350–450°C наблюдается потеря до 80% массы модифицированного образца. При этом началу и концу этого процесса соответствуют в два

раза более сильные эндотермические пики. Наблюдаемая асимметричность пиков, очевидно, обусловлена наложением нескольких эндотермических эффектов. В их структуре можно выделить как минимум еще два пика, приходящиеся на область максимальной потери массы. По-видимому, вследствие адсорбционного взаимодействия с поверхностью ГТС большая часть нанесенного резвератрола изменила свои физико-химические характеристики и появились новые поверхностные формы или соединения. Из химии полифенольных соединений известно, что подобные молекулы легко меняют свою стереохимию, циклизуются и димеризуются [5].

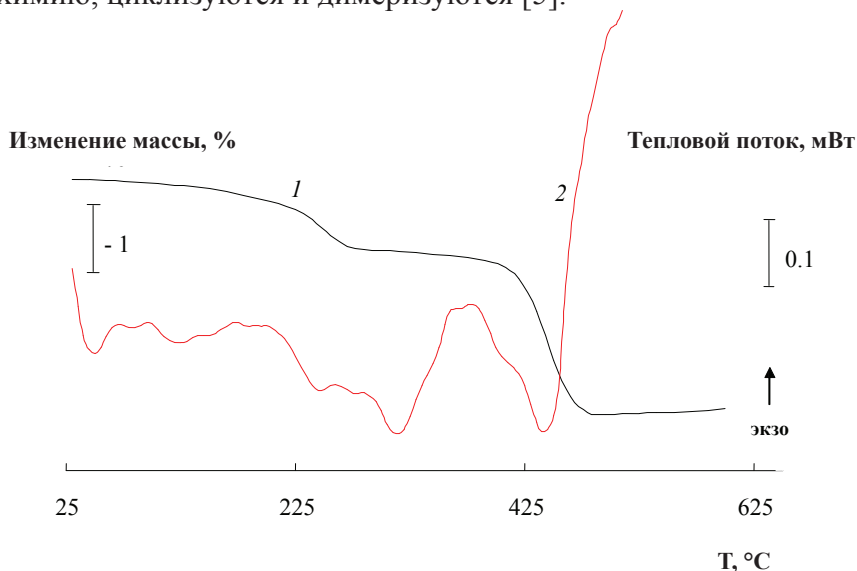


Рис. 5. Термограммы:

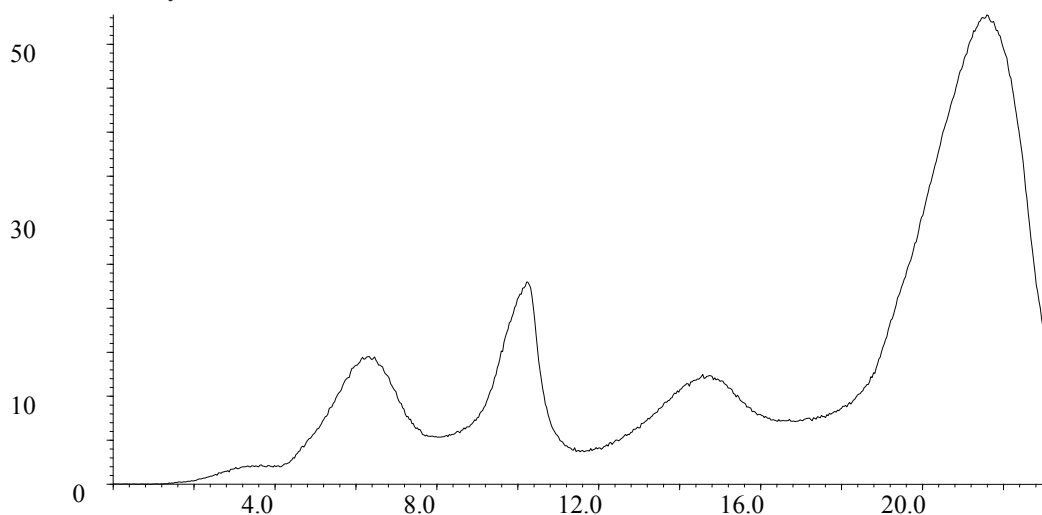
(1) — ТГА и (2) — ДСК резвератрола, адсорбированного на ГТС.

Для идентификации выделяющихся продуктов термолитиза ГТС, модифицированного резвератролом, мы использовали метод термодесорбционной хромато-масс-спектрометрии (ТДМС). На рисунке 6 приведены данные по изменению полного ионного тока, регистрируемого масс-спектрометром, при исследовании термолитиза модифицированной ГТС. На масс-термограмме отчетливо видны четыре асимметричных пика, отличающиеся по времени регистрации или по температуре, поскольку скорость нагревания образца составляла 20 град. / мин. Максимумы кривой полного ионного тока расположены в области 155, 245, 325°C и при $T > 450^\circ\text{C}$ (масс-спектрометр не работает в области температур $T > 450^\circ\text{C}$).

Расшифровка масс-спектров продуктов выделения в области 230–350°C максимального ионного тока позволила идентифицировать резвератрол как основной компонент продуктов десорбции, т.е. второй и третий пик на термограмме (рис. 6) соответствуют выделению резвератрола (рис. 1).

На рисунке 7 приведена масс-термограмма резвератрола по его молекулярному иону с $m/z = 228$. На ней наблюдается два пика, для которых удалось рассчитать энергию активации десорбции: первому пику при температуре 510 К

Интенсивность, усл. ед.



Время, мин. →

Рис. 6. Термограмма полного ионного тока для продуктов десорбции резвератрола с поверхности ГТС.

Интенсивность, усл. ед.

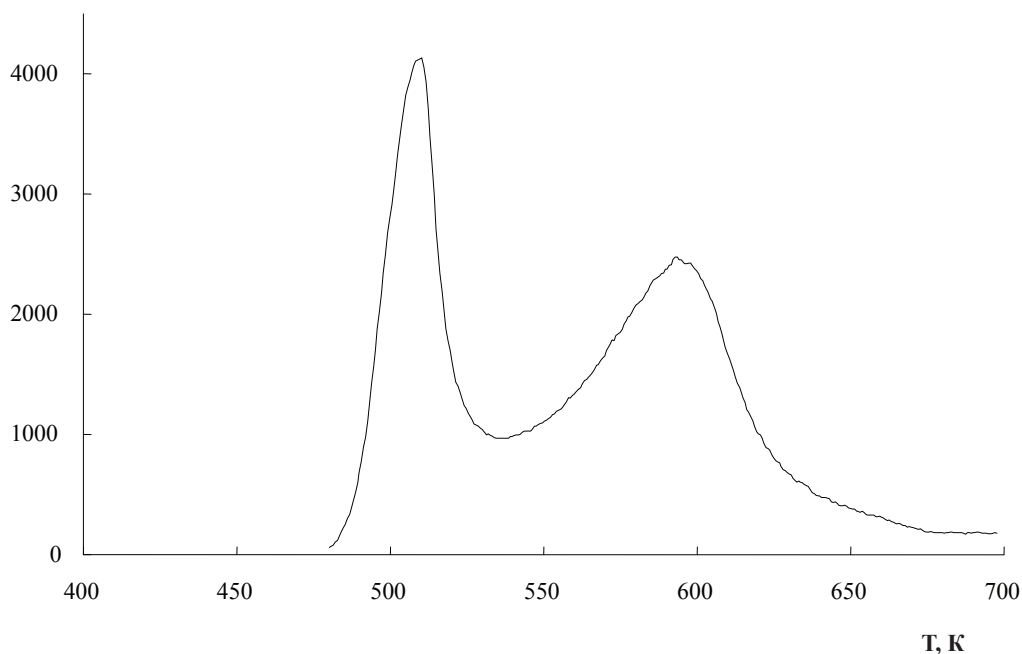
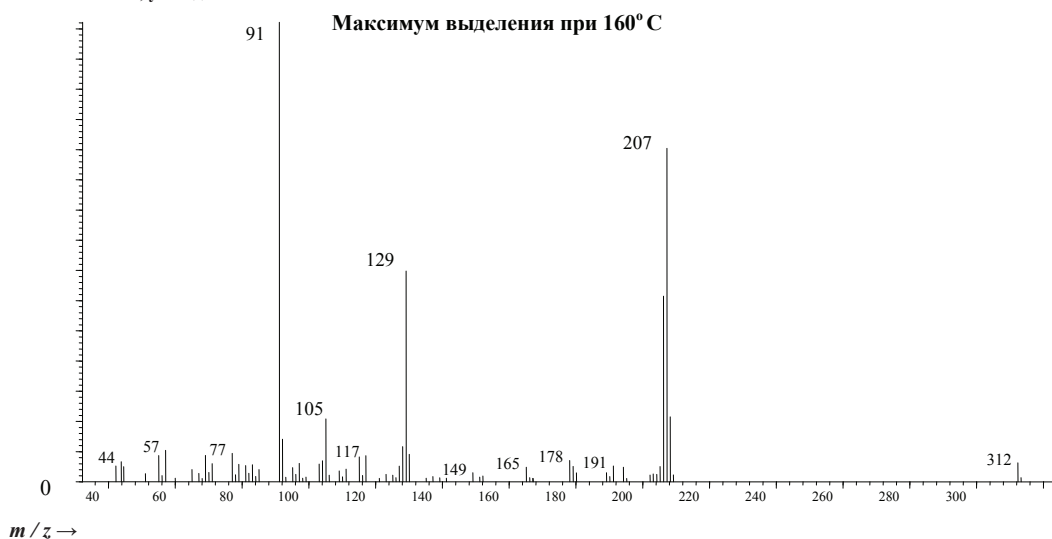


Рис. 7. Масс-термограмма резвератрола (по иону с m/z 228), десорбированного с поверхности ГТС.

соответствует энергия активации 230 кДж/моль (порядок реакции $n = 1$), второму пику при 594 К соответствует энергия активации 150 кДж / моль ($n = 1$).

Масс-спектры продуктов термолiza модифицированного ГТС, обнаруженных в области первого и четвертого пиков на термограмме рисунка 6, т.е. при 160°C и $T > 450^\circ\text{C}$, приведены на рисунке 8.

Интенсивность, усл. ед.



Интенсивность, усл. ед.

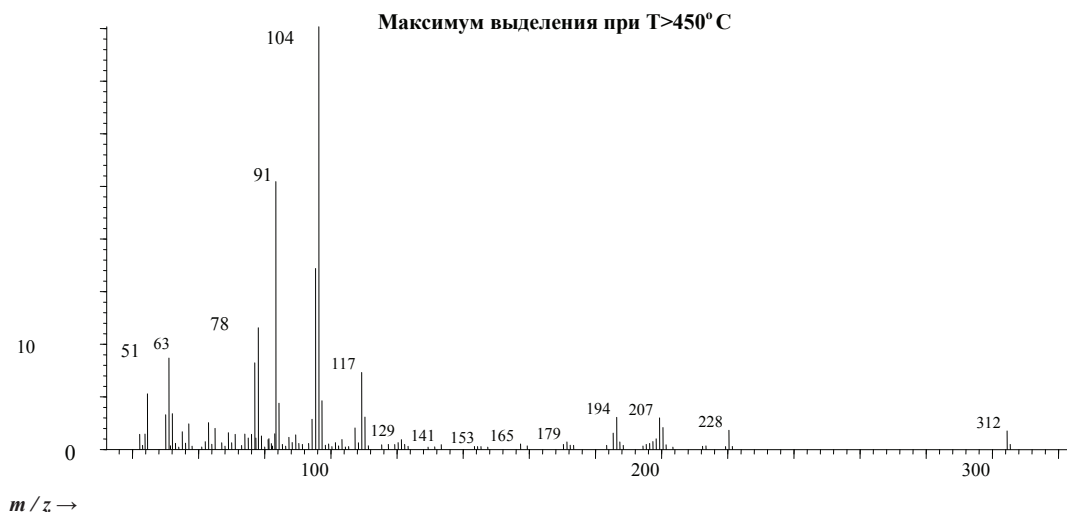


Рис. 8. Масс-спектры продуктов выделения с поверхности ГТС, модифицированной резвератролом.

Масс-спектры продуктов, выделяющихся при 325°С с поверхности ГТС, модифицированного резвератролом (интенсивные ионы с m/z 91, 129, 207) и при 700 К (интенсивные ионы с m/z 91 и 104, 117), в соответствии с [1], характерны для ароматических соединений со стерильным фрагментом. Вероятно, при нагревании часть адсорбированных молекул резвератрола трансформируется с образованием новых соединений. Поскольку в масс-спектре присутствует ион с массой, больше, чем у резвератрола (m/z 312), то можно предполагать как полимеризацию, так и деструкцию молекул резвератрола, что одинаково характерно для полисопряженных арилполиенов [5]. Часть образующихся ароматических соединений, хемосорбируется на поверхности ГТС и десорбируется лишь при температурах, больших 700 К.

Таким образом, максимальное разрушение композита на основе резвератрола, нанесенного на ГТС, наблюдается при 400°C, а не при 250°C, как разрушение исходного резвератрола. Одновременно, происходит специфическое взаимодействие резвератрола с поверхностью, сопровождающееся изменением физико-химических характеристик молекул и появлением новых поверхностных форм иммобилизованного резвератрола и продуктов его поверхностной трансформации. В результате при нагревании композита в области 30–600°C наблюдается как десорбция резвератрола в молекулярной форме, так и десорбция продуктов его трансформации. Надежная идентификация новых поверхностных форм резвератрола, адсорбированного на поверхности ГТС, невозможна без привлечения метода ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием, использование которого планируется нами в дальнейшем.

Необходимо отметить, что исследованию взаимодействия биомолекул с поверхностью твердой фазы уделяется огромное внимание во всем мире в связи с большой практической значимостью этой проблемы. Однако исследований, посвященных изучению особенностей и закономерностей поведения реальных лекарственных соединений на межфазных поверхностях, очень мало: экспериментальные трудности при изучении полифункциональных молекул, способных мгновенно откликаться на изменение окружающей среды и внешние воздействия путем разнообразных обратимых и необратимых превращений, усугубляются недостаточной чувствительностью методов исследования поверхностных явлений и адсорбционно-десорбционных процессов. В связи с этим необходимо применение самых разнообразных методов исследования поверхностных явлений, среди которых большое место занимают методы термического анализа, сопряженного с масс-спектрометрическими и спектроскопическими исследованиями.

Поведение резвератрола и других стильбеновых модификаторов на поверхности сажи при воздействии высоких температур в настоящее время практически не изучено, однако имеет огромное значение как для эксплуатации композитов на основе стильбеноидов, так и для оптимизации условий хранения модифицированных материалов.

Заключение

Методами термогравиметрического анализа, дифференциальной сканирующей калориметрии и термодесорбционной хромато-масс-спектрометрии изучена термостойкость композитов на основе резвератрола, нанесенного на поверхность графитированной термической сажи (ГТС). Проведено сопоставление результатов, полученных при термоллизе чистого резвератрола и резвератрола, адсорбированного на ГТС из диэтилового эфира. Обнаружено увеличение термостойкости резвератрола, нанесенного на поверхность ГТС, определены области максимального выделения продуктов термоллиза, частично идентифицирован их состав.

Литература

1. Вульфсон Н.С. Масс-спектрометрия органических соединений / Н.С. Вульфсон, В.Г. Заикин, А.И. Микая. – М.: Химия, 1986. – 312 с.

2. Голиков С.Н. Исследования в области разработки и внедрения новых лекарств / С.Н. Голиков, Г.А. Гурьянов, В.К. Козлов // Фармакология и токсикология. – 1989. – Т. 52. – № 2. – С. 5–10.
3. Каталог сокращенных масс-спектров / Под ред. А.М. Колчина. – Новосибирск: Химия, 1981. – 187 с.
4. Колотилов П.Н. Равновесная адсорбция стильбеноидов на оксидах металлов / П.Н. Колотилов, К.Е. Полунин, И.А. Полунина, А.В. Ларин // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2009. – Т. 45. – № 1. – С. 22–27.
5. Несмеянов А.Н. Начала органической химии. Т. 2. / А.Н. Несмеянов, Н.А. Несмеянов. – М.: Химия, 1974. – 580 с.
6. Полунин К.Е. Равновесная адсорбция стильбеноидов на оксиде кремния / К.Е. Полунин, П.Н. Колотилов, В.М. Войтова и др. // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2010. – Т. 46. – № 1. – С. 60–66.
7. Тюкавкина Н.А. Оксистильбены из коры *Pinus sibirica* / Н.А. Тюкавкина, А.С. Громова, В.И. Луцкий, В.К. Воронов // Химия природных соединений. – 1972. – Т. 8. – № 5. – С. 600–603.
8. Уэндлаут У. Термические методы анализа / У. Уэндлаут; под ред. В.А. Степанова, В.А. Берштейна. – М.: Мир, 1978. – 527 с.
9. Хмельницкий Р.А. Пиролитическая масс-спектрометрия высокомолекулярных соединений / Р.А. Хмельницкий, И.М. Лукашенко, Е.С. Бродский. – М.: Химия, 1980. – 280 с.
10. Jang M. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes / M. Jang, L. Cai, G.O. Udeani, et. al. // Science. – 1997. – V. 275. – P. 218–220.
11. Whitten D.G. Self-assembly of aromatic-functionalized amphiphiles / D.G. Whitten, L. Chen, H.C. Geiger, et al. // J. Phys. Chem. B. – 1998. – V. 102. – № 50. – P. 10098–10111.

Literatura

1. Vul'fson N.S. Mass-spektrometriya organicheskix soedinenij / N.S. Vul'fson, V.G. Zajkin, A.I. Mikaya. – М.: Химия, 1986. – 312 с.
2. Golikov S.N. Issledovaniya v oblasti razrabotki i vnedreniya novy'x lekarstv / S.N. Golikov, G.A. Gur'yanov, V.K. Kozlov // Farmakologiya i toksikologiya. – 1989. – Т. 52. – № 2. – С. 5–10.
3. Katalog sokrashchenny'x mass-spektrov / Pod red. A.M. Kolchina. – Novosibirsk: Ximiya, 1981. – 187 s.
4. Kolotilov P.N. Ravnovesnaya adsorbciya stil'benoidov na oksidax metallov / P.N. Kolotilov, K.E. Polunin, I.A. Polunina, A.V. Larin // Fizikoximiya poverxnosti i zashhita materialov. – 2009. – Т. 45. – № 1. – С. 22–27.
5. Nesmeyanov A.N. Nachala organicheskoy khimii. T. 2. / A.N. Nesmeyanov, N.A. Nesmeyanov. – М.: Химия, 1974. – 580 с.
6. Polunin K.E. Ravnovesnaya adsorbciya stil'benoidov na okside kremniya / K.E. Polunin, P.N. Kolotilov, V.M. Vojtova i dr. // Fizikoximiya poverxnosti i zashhita materialov. – 2010. – Т. 46. – № 1. – С. 60–66.
7. Tyukavkina N.A. Oksistil'beny' iz kory' Pinus sibirica / N.A. Tyukavkina, A.S. Gromova, V.I. Luczkij, V.K. Voronov // Ximiya prirodny'x soedinenij. – 1972. – Т. 8. – № 5. – С. 600–603.
8. Ue'ndlaut U. Termicheskie metody' analiza / U. Ue'ndlaut; pod red. V.A. Stepanova, V.A. Bershtejna. – М.: Мир, 1978. – 527 с.
9. Xmel'niczkij R.A. Piroliticheskaya mass-spektrometriya vy'sokomolekulyarny'x soedinenij / R.A. Xmel'niczkij, I.M. Lukashenko, E.S. Brodskij. – М.: Химия, 1980. – 280 с.

10. *Jang M.* Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes / M. Jang, L. Cai, G.O. Udeani, et. al. // *Science*. – 1997. – V. 275. – P. 218–220.
11. *Whitten D.G.* Self-assembly of aromatic-functionalized amphiphiles / D.G. Whitten, L. Chen, H.C. Geiger, et al. // *J. Phys. Chem. B*. – 1998. – V. 102. – № 50. – P. 10098–10111.

*V.M. Vojtova, I.N. Senchinkhin,
K.E. Poluniun, I.A. Poluniuna,
A.V. Ulianov, A.K. Buryak,
V.I. Roldugin*

Thermal Analysis of Composites on the Basis of Resveratrol Placed on the Surface of Solid Disperse Phase

Methods of thermogravimetric analysis, differential scanning calorimetry and thermal desorption chromatographic mass spectrometry are used in studies of temperature resistance of composites based on resveratrol, placed on the surface of graphite coated thermal black (GCTB). A comparison of results got at thermal decomposition of pure resveratrol and resveratrol adsorbed on GCTB from diethyl etherol is conducted. Increasing temperature resistance of resveratrol placed on the surface of GCTB is detected. Areas of maximum emission of thermal decomposition products are defined, their formula partly identified.

Key-words: stilbenes; resveratrol; graphite coated thermal black; desorption; thermal analysis.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

А.Г. Резанов

Исследование кормового поведения птиц, охотящихся с присады: регистрация и анализ информации

В статье рассмотрены особенности методики проведения полевых исследований и регистрации кормового поведения птиц, охотящихся с присады. Анализ полученной информации проведен с использованием компьютерных программ.

Ключевые слова: кормовое поведение птиц; охота с присады; сорокопуд-жулан; регистрация и анализ кормового поведения.

Теоретические и практические аспекты исследования кормового поведения птиц

Накопленный к настоящему времени массив информации по кормовому поведению птиц зачастую с трудом поддается анализу, поскольку данные, как правило, собраны с использованием различных методик (в большинстве случаев даже не даны их описания) и, по этой причине, заметно отличаются по полноте регистрируемых параметров.

Существуют различные подходы (методы) к описанию кормового поведения птиц. Для различных групп птиц, как правило, используют специфические методики регистрации поведения. Что касается методов регистрации поведения, то традиционно выделяют «непрерывную» и «разовую» регистрацию. Но здесь кроется явное противоречие, поскольку собственно поведение методом моментальной фотографии («за раз») не описывается. При так называемой разовой регистрации (это частная методика, используемая при оценке пространственных ниш птиц, собирающих корм в кронах деревьев) исследователь фиксирует не поведение птицы, а её пространственное положение на момент наблюдения.

Кормовое поведение рассматривается как последовательность кормовых манёвров, направленных на разыскивание и добывание пищевого объекта. Для унификации описания кормового поведения птиц была предложена концепция «кормового метода» [7; 8]. Под кормовым методом понимается не только внешний рисунок поведения птиц («кормовой манёвр») при разыскивании и добывании корма, но и изменения в пространственном положении птицы-фуражира и потенциальной добычи относительно конкретных элементов внешней среды, как природной, так и среды антропогенного происхождения.

Исследование собственно кормового поведения обычно осуществляется по двум направлениям: 1) регистрация так называемых «кормовых манёвров»; 2) регистрация «кормовых методов». К сожалению, эти понятия нередко смешиваются. В частности, иногда конкретное действие птицы называют «манёвром», но при этом указывают на «привязку» фуражира и его добычи к конкретной среде / субстрату, т.е., по сути, обозначают «кормовой метод».

Методика регистрации кормового поведения птиц, охотящихся с присады

Стереотипные параметры, при помощи которых описывается кормовое поведение птиц (например, определённые типы локомоций и моторных актов), имеют обыкновение с той или иной частотой, в той или иной последовательности повторяться за определённые отрезки времени. Для регистрации количественной стороны кормового поведения используют методику хронометрирования поведения — отмечают встречаемость тех или иных показателей в единицу времени, например, за минуту. Таким образом определяют интенсивность кормёжки (например, число клевков за минуту), эффективность кормёжки (число успешных попыток схватывания добычи), интенсивность передвижения (для «пешей охоты») и многое другое. Всё многообразие количественных показателей, при помощи которых описывается кормовое поведение птиц, в целом [8] перечислить невозможно.

Автором разработаны и апробированы частные методики, позволяющие оценивать кормовое поведение птиц, относящихся к самым различным экологическим группам и жизненным формам. Ниже рассмотрена методика регистрации и анализа кормового поведения птиц, разыскивающих и атакующих добычу с присады. Охота с присады характерна для целого ряда видов (групп) птиц (табл. 1).

Методика регистрации кормового поведения птиц, охотящихся с присады (дерево, куст, столб, провода и пр., с которых птица высматривает добычу), включает в себя следующие основные моменты: регистрация присад; регистрация поведения на присаде (в частности, так называемое «сканирование», или «оглядывание»); регистрация кормового манёвра при атаке и схватывании добычи; регистрация характера манипулирования с добычей. Собственно манипулирование в понятие кормового метода [7] не входит. Более того, при добывании сравнительно мелкой добычи стадия манипулирования, как правило, не выражена.

Поскольку различные авторы при сборе информации по кормовому поведению зачастую используют различные подходы, что не позволяет получить репрезентативный материал и провести соответствующий сравнительный анализ, мы посчитали необходимым более подробно остановиться на частной методике наблюдений за кормовым поведением сорокопута-жулана (*Lanius collurio*), как типичным представителем группы охотников-присадников. По кормовому поведению жулана существует довольно много работ, но только в некоторых из них присутствуют описания методики наблюдений [13].

Таблица 1

Классификация птиц наземных местообитаний,
охотящихся с присады (из [9])

Названия групп птиц	Коды групп кормовых методов	Кормовые методы (стадия атаки добычи)	Типичные птицы-пользователи
Присадники-пикировщики	LALL	Пикирование с присады с посадкой на землю	<i>Falconiformes</i> (<i>Accipiter spp.</i> , <i>Buteo spp.</i> , <i>Falco spp.</i>), <i>Strigiformes</i> , <i>Coraciiformes</i> (<i>Coracidae</i> , некоторые тропические <i>Alcedidae</i>), <i>Cuculiformes</i> , <i>Passeriformes</i> (<i>Lanius spp.</i> , <i>Saxicola spp.</i>) и др.
	LAAL	Полёт с присады к земле, травянистой и древесно-кустарниковой растительности (без посадки)	<i>Passeriformes</i> (<i>Laniidae</i> , <i>Muscicapidae</i>), некоторые <i>Falconiformes</i> и <i>Strigiformes</i>
Воздушные охотники-присадники	LAAA	Взлёт с присады (реже атака в прыжке в воздух)	<i>Falconiformes</i> , <i>Coraciiformes</i> (<i>Meropidae</i>), <i>Piciformes</i> (<i>Dendrocopos major</i>), <i>Passeriformes</i> (<i>Muscicapidae</i> , <i>Laniidae</i> , <i>Pycnonotidae</i> , <i>Campephagidae</i> , <i>Sturnidae</i> , <i>Motacillidae</i> , <i>Sylviidae</i> , <i>Paridae</i> , <i>Passeridae</i> , <i>Turdidae</i> — <i>Saxicola spp.</i> , <i>Oenanthe spp.</i>) и др.

Примечание к таблице 1:

Кормовая поведенческая последовательность птиц (разыскивание и добывание корма), в целом, осуществляется в трех основных средах жизни:

- 1) в наземной (наземно-воздушной) — **L** (от греч. Lithos — камень);
- 2) в водной — **H** (от греч. Hydor — вода);
- 3) в воздушной — **A** (от греч. Atmos — пар)

Порядок следования латинских букв в коде группы кормовых методов соответствует:

- 1) среде нахождения птицы при разыскивании корма;
- 2) среде сближения птицы с пищевым объектом;
- 3) среде нахождения птицы в момент взятия корма;
- 4) среде нахождения пищевого объекта в момент его добывания.

Для общих представлений о кормовых методах жулана, используемых им при его охоте с присады, использован метод схематического рисунка [6] (рис. 1). На рисунке-схеме показано исходное положение жулана и потенциальной добычи относительно основных сред (субстратов), а также направления реальных атак фуражира.

Прежде всего, определяли тип присады (деревья, кусты, стебли высоких трав — живые, сухие; антропогенные элементы — провода, телеграфные столбы и пр.) и её высота над землёй. У невысоких присад высоту оценивали с точностью до 0,1 м.

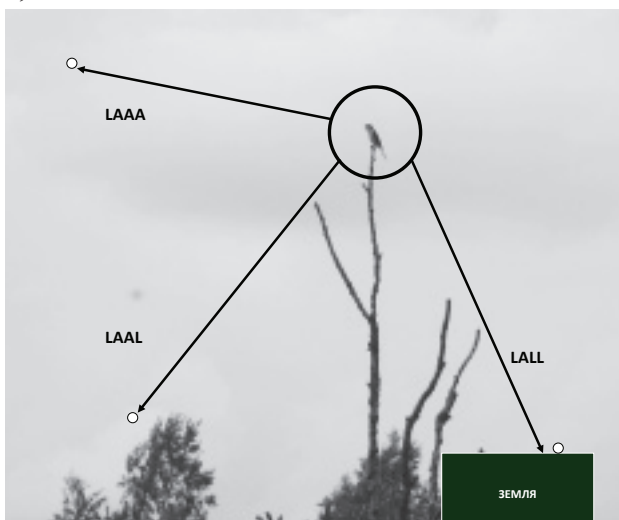


Рис. 1. Основные кормовые методы, используемые жуланом *Lanius collurio* при высматривании пищевых объектов с присады.

Комментарии к рисунку 1:

Стрелками показаны направления атаки, белыми кружками — пищевые объекты.

LAAA — взлёт с присады, воздушное преследование и схватывание (клювом) пищевого объекта (обычно это насекомое) в воздухе;

LALL — пикирование с присады, посадка на землю и схватывание пищевого объекта;

LAAL — взлёт (или пикирование) с присады, «зависание» и схватывание пищевого объекта с травинок или древесно-кустарниковой растительности.

Время нахождения птицы на присаде фиксировали с точностью до 1 сек. Оценивали интенсивность высматривания ею добычи, подсчитывали число сканирований, или оглядываний (поворотов головы), за это время. Определяли следующие параметры атаки: 1) направленность (вверх, горизонтально, вниз); полёт вверх или вниз обычно проходил под углом 30–45°; 2) протяжённость в метрах; 3) продолжительность (по возможности) в секундах; 4) успешность (0 — неудачный бросок, 1 — эффективность броска не прослежена, 2 — успешный бросок). По возможности оценивали вид добычи и время манипулирования добычей, возврат или невозврат жулана на присаду. Погодные условия, влияющие на особенности охоты жулана, оценивали в условных баллах. Все данные вносили в таблицу в программе Excel (табл. 2).

Таблица 2

Регистрируемые показатели кормового поведения жулана

Запись	Регистрируемые показатели														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1															
2															
и т.д.															

Примечание к таблице 2:

Расшифровка регистрируемых показателей:

1. Дата и время наблюдений.
2. Пол, возраст птицы.
3. Ветер, баллы: безветренно = 0; слабый ветер = 1; умеренный ветер = 2; сильный ветер = 3.
4. Освещённость, баллы: солнечно (солнце не скрыто облаками) = 4; слабое солнце (солнце просвечивает сквозь облака) = 3; солнце за облаками = 2 (солнце не видно за облаками); пасмурно = 1; дождь = 0; такой подход кажется более целесообразным, чем простая оценка облачности в баллах.
5. Присада (деревья, кусты, стебли трав — живые, сухие; валежник; провода, столбы, заборы и пр.).
6. Высота присады, м.
7. Время нахождения на присаде, сек.
8. Число сканирующих движений.
9. Направленность атаки: вверх = 3; горизонтально = 2; вниз = 1.
10. Продолжительность атаки, сек.
11. Протяжённость атаки, м.
12. Высота (над землёй) схватывания (или попытки схватывания) пищевого объекта, м; при схватывании пищевого объекта с земли указывается высота «0».
13. Среда / субстрат (воздушная среда, земля, травянистая и древесно-кустарниковая растительность и пр.) нахождения схватываемого пищевого объекта.
14. Успех атаки: успешная = 2; успех неизвестен = 1; не успешная = 0.
15. Манипулирование добычей, сек.

Методика анализа полученной информации

Анализ использования птицами присад может быть сделан по двум параметрам: 1) по использованию (число посещений и время нахождения на присаде) различных типов присад; 2) по использованию присад различной высоты. Ниже приводятся соответствующие таблицы (табл. 3 и 4), составленные по данным использования присад жуланами в 2004–2006, 2010 гг. в районе Полевшино (Московская область, Истринский район).

Зависимости между отдельными параметрами кормовых методов, а также между этими параметрами и абиотическими факторами (погода, высота присады) могут быть оценены методом регрессивного анализа с построением аппроксимирующей кривой (в программе Microsoft Excel) и вычислением корреляции. В частности: зависимость времени нахождения птицы на присаде от силы ветра, облачности, высоты присады; зависимость интенсивности сканирования, направленности, дистанции и эффективности атаки от высоты присады, пола птицы, погодных составляющих, сезона и пр. В программе Excel на основе выбранной пары показателей создаётся точечный график, вводится линия тренда, уравнение

Таблица 3

**Анализ использования жуланами различных типов присад
Полевшино (Московская обл.) 2004–2006, 2010 гг.**

Тип присады	Число посещений	%%	Время нахождения, сек.	%%
ЕСТЕСТВЕННЫЕ ПРИСАДЫ				
Живые кусты и подрост (кустики, деревца) (до 3–4 м)	137	49,8	28 187	58,4
Живые деревья (более 4–5 м)	1	0,4	11	0,02
Сухие кусты, деревца	27	9,8	3 770	7,8
Сушины (сухие деревья, обломы)	44	16,0	8 054	16,7
Стебли трав (сухие)	8	2,9	1 544	3,2
Сухие прутья (включая ветви валежника)	30	10,9	4 238	8,8
Валежник (стволы, коряги)	14	5,1	913	1,9
ИСКУССТВЕННЫЕ ПРИСАДЫ				
Телеграфные провода	13	4,7	1 293	2,7
Крыши невысоких строений	1	0,4	225	0,5
Итого:	275	100,0	48 235	100,02

Таблица 4

**Анализ использования жуланами присад различной высоты
Полевшино (Московская обл.) 2004–2006, 2010 гг.**

Высота присады, м	Число посещений	%	Время нахождения, сек.	%
До 1	45	16,4	5 298	11,0
1,1–2	46	16,7	9 061	18,8
2,1–3	83	30,2	13 581	28,2
3,1–4	67	24,4	15 582	32,3
4,1–5	16	5,8	1 561	3,2
5,1–6	11	4,0	1 923	4,0
6,1–7	1	0,4	120	0,2
7,1–8	–	–	–	–
8,1–9	2	0,7	785	1,6
9,1–10	3	1,1	204	0,4
10,1–11	–	–	–	–
11,1–12	1	0,4	120	0,2
Итого:	275	100,1	48 235	99,9

регрессии, величина аппроксимации (квадратный корень из этой величины является показателем корреляции). При нечёткой выраженности направленности тенденции лучше рекомендовать выбор полиномиальной линии тренда при явной прямой зависимости одного показателя от другого — прямой линии тренда. По специальной таблице, учитывающей величину корреляции и объём выборки, определяется уровень доверительной вероятности ($P = 0,05 - 0,001$) выявленных

тенденций. В качестве примера приведён график зависимости дистанции атаки жулана от высоты используемой им присады (рис. 2).

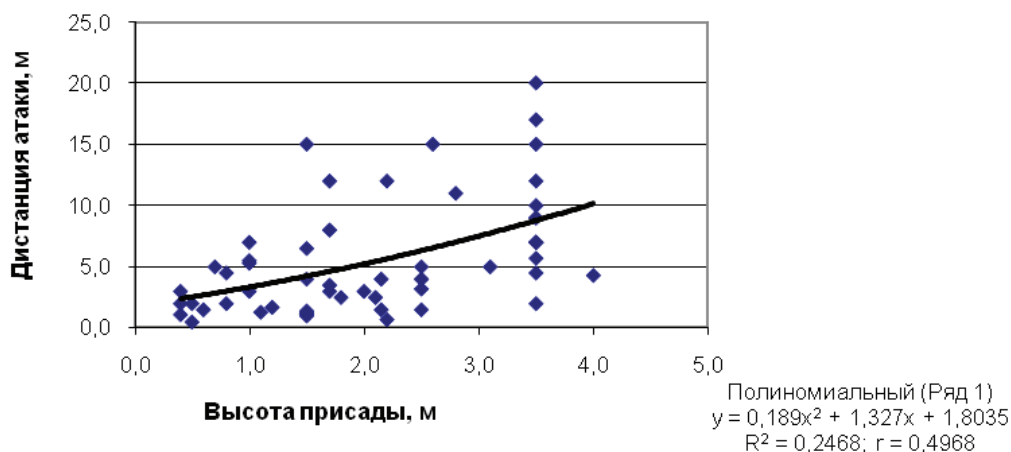


Рис. 2. Зависимость дистанции атаки жулана от высоты присады.
 Московская обл., Полевшино, июнь 2004 г. $n = 55$.

Особенности кормового поведения, используемого птицами в течение собственно гнездового (насиживание, выкармливание и докармливание птенцов) и послегнездового периодов (когда молодые особи начинают кормиться самостоятельно) различаются. В гнездовой период птицы, как правило, используют доступные массовые корма. Для этого птицы используют наименее энергозатратные кормовые методы — в основном, пикирование с присады на короткое расстояние. В послегнездовой период в репертуаре жуланов начинает увеличиваться доля «схватывающих полётов» («aerial fly-catching») с присады с длительными преследованиями насекомых в воздухе. По этой причине, гнездовой и послегнездовой периоды в жизни жуланов целесообразно рассматривать отдельно, не объединяя их.

Оценка разнообразия кормового поведения

В рамках концепции кормового метода, как процесса, последовательно разворачивающегося в конкретной окружающей среде, разработана специальная система цифровых классификаторов [8]. Система позволяет описывать самые сложные по исполнению кормовые методы с указанием их пространственной локализации и с учётом типа добываемого пищевого объекта (табл. 5):

Каждый классификатор представляет собой матрицу, из которой можно выбрать соответствующие цифровые показатели (коды), характеризующие избранный параметр рассматриваемого кормового метода. Исходя из предложенной концепции, регистрация кормового поведения избранного вида птиц осуществляется таким образом, чтобы в дальнейшем была возможность перевести словесные описания поведения в цифровые, пригодные для компьютерного анализа.

Таблица 5

Система классификаторов кормового поведения птиц

Классификаторы	КОРМОВОЙ МЕТОД		
	МАНЁВР	СРЕДА	ПИЩЕВОЙ ОБЪЕКТ
1		Пространственное нахождение птицы при поиске корма.	
2	Локомоции и моторные акты, используемые птицей при поиске корма. Ассоциации с другими животными и работающей техникой.		
3	Локомоции сближения фуражира с пищевым объектом.		
4		Среда сближения и контакта птицы с добычей.	
5	Характер контакта птицы с пищевым объектом.		
6		Пространственное положение пищевого объекта в момент его добывания птицей.	
7			Тип пищевого объекта.

Предложены следующие классификаторы, описывающие кормовое поведение любой конкретной особи любого вида птиц [8]: 1) среда нахождения фуражира при разыскивании корма; 2) тип используемой при разыскивании корма локомоции (включая дополнительные моторные акты, служащие для визуализации, экспонирования добычи) и ассоциации с другими животными или техникой); 3) тип локомоции, используемой фуражиром при сближении с конкретным пищевым объектом; 4) среда сближения и контакта фуражира с добычей; 5) характер схватывания добычи (тип клевка, схватывание лапами); 6) среда (субстрат) нахождения добычи; 7) тип пищевого объекта (незакреплённый, закреплённый).

Например, у жулана (как модельного вида) методом цифрового кодирования на основе литературных данных [1–5, 10–14] и наблюдений автора выделено 17 кормовых методов, относящихся к семи группам (табл. 6).

Таблица 6

**Цифровые коды и классификация
кормовых методов ($n = 17$) жулана (*Lanius collurio*)**

Классификаторы							Группы кормовых методов			
1	2	3	4	5	6	7				
Коды кормовых методов							1. Собственно наземные (2)			
1,0	2,3	2,4	1,0	1,2	1,0 (2)	1,1	L	L	L	L
1,0	2,3	2,3	1,0	1,2	3,0 (2)	1,1	L	L	L	L
Коды кормовых методов							2. Древесно-кустарниковые (1)			
4,1	3,3	3,1	4,1	4,1	4,4 (0)	2,1	L	L	L	L
Коды кормовых методов							3. Пикирование с присады на землю (6)			
8,0	1,1	5,9 (1,4)	13,1–1,0	1,2	1,0 (2)	1,1	L	A	L	L
8,0	1,1	5,9 (3,4–1,4)	13,1–1,0	1,2	1,0 (2)	1,1	L	A	L	L
8,0	1,1 (5,10)	5,9 (1,4)	13,1–7,13	6,1	7,13 (2)	1,1	L	A	L	L
8,0	1,1	5,8 (1,5)	13,1–5,1	5,10	5,1 (3)	1,1	L	A	L	L
8,0	1,1	5,9 (3,4)	13,1	1,2	3,0 (2)	1,1	L	A	A	L
8,0	1,1	5,9 (3,4)	13,1	1,2	4,2 (2)	1,1	L	A	A	L
Коды кормовых методов							4. Наземно-воздушные (взлёт с присады) (5)			
8,0	1,1	5,7–5,3	13,1	3,1	13,1	1,1	L	A	A	A
8,0	1,1	5,7	13,1	3,1	13,1	1,1	L	A	A	A
8,0	1,1	5,7–5,3	13,1	6,1	13,1	1,1	L	A	A	A
8,0	1,1	5,7	13,1	6,1	13,1	1,1	L	A	A	A
8,0	1,1 (4,15)	5,7	13,1	3,1	13,1	1,1	L	A	A	A
Коды кормовых методов							5. Пикирование с присады к воде (2)			
8,0	1,1	5,9 (1,4)	13,3–12,0	3,1	12,0 (3)	1,1	L	A	H	H
8,0	1,1	5,9	13,3	3,1	12,0 (2)	1,1	L	A	A	H
Коды кормовых методов							6. Воздушно-наземные (1)			
13,1	5,5	5,6	13,1	1,2	3,0 (2)	1,1	A	A	A	L
Коды кормовых методов							7. Воздушно-водные (1)			
13,3	5,5 (3,4)	5,6	13,3	6,1	12,0 (2)	1,1	A	A	A	H

Анализ таблицы 6 показывает, что 10 кормовых методов (из 17) жулана приходится на охоту с присады.

Таким образом, использование предложенной методики позволяет получить репрезентативный материал для качественного и количественного анализа кормового поведения птиц, охотящихся с присады. В частности — оценить разнообразие используемых ими кормовых методов и выявить корреляции между зависимыми показателями кормового поведения, а также между этими показателями и условиями (освещённость, ветер и пр.) окружающей среды.

Литература

1. Кныш Н.П. Биологические особенности сорокопута-жулана как фонового вида лесостепной полосы УССР: автореф. дис. ... канд. биол. н. / Н.П. Кныш. – Киев: Киевский гос. ун-т, 1987. – 23 с.
2. Корзюков А.И. Необычное поведение пролётных птиц над акваторией Чёрного моря / А.И. Корзюков // Изучение птиц СССР, их охрана и рациональное использование. – Ч. 1. – Л.: Наука, 1986. – С. 317–318.
3. Панов Е.Н. Сорокопуты (семейство *Laniidae*) мировой фауны. Экология, поведение, эволюция / Е.Н. Панов. – М.: КМК, 2008. – 650 с.
4. Преображенская Е.С. Экология воробьиных птиц Приветлужья / Е.С. Преображенская. – М.: КМК, 1998. – 200 с.
5. Прокофьева И.В. О поведении и питании сорокопутов-жуланов *Lanius collurio* в гнездовое время и после него / И.В. Прокофьева // Русский орнитологический журнал – 2003. – Т. 12 (217). – С. 343–354.
6. Резанов А.Г. Кормовое поведение и способы добывания пищи у белой трясогузки *Motacilla alba* (Passeriformes, Motacillidae) / А.Г. Резанов // Зоологический журнал. – 1981. – Т. 60 (4). – С. 548–556.
7. Резанов А.Г. Кормовое поведение птиц как многовариантная поведенческая последовательность: изменчивость и стереотипность / А.Г. Резанов // Русский орнитологический журнал. – 1996. – Т. 5 (1/2). – С. 53–63.
8. Резанов А.Г. Кормовое поведение птиц: метод цифрового кодирования и анализ базы данных / А.Г. Резанов. – М.: Издат-школа, 2000. – 224 с.
9. Резанов А.Г. Принципиальная схема классификации птиц на основе их кормовых методов / А.Г. Резанов // Русский орнитологический журнал. – 2009. – Т. 18 (457). – С. 31–53.
10. Фионина Е.А. Сообщества луговых воробьиных птиц / Е.А. Фионина // Птицы Рязанской Мещёры. – Рязань: Голос губернии, 2008. – С. 160–172.
11. Cramp S. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol. VII. Flycatchers to Shrikes / S. Cramp, C.M. Perrins, D.J. Brooks. – Oxford Univ. Press., 1993. – 577 p.
12. Davies N.R. Feeding habits of juvenile Red-backed Shrike / N.R. Davies // British Birds. – 1981. – Vol. 74. – № 4. – P. 187.
13. Höpfnek E. Zur Sitzwarte des Neuntöters / E. Höpfnek // Falke. 1989. – Vol. 36. – № 7. – S. 215–219.
14. Solari Ch. Nahrungserwerb des Neuntöters *Lanius collurio* während der Fortpflanzungszeit / Ch. Solari., H. Schudel // Ornithol. Beob. – 1988. – Vol. 85. – № 1. – S. 81–90.

Literatura

1. Kny'sh N.P. Biologicheskie osobennosti sorokoputa-zhulana kak fonovogo vida lesostepnoj polosy' USSR: avtoref. dis. ... kand. biol. n. / N.P. Kny'sh. – Kiev: Kievskij gos. un-t, 1987. – 23 s.
2. Korzyukov A.I. Neoby'chnoe povedenie prolyotny'x pticz nad akvatoriej Chyornogo morya / A.I. Korzyukov // Izuchenie pticz SSSR, ix oxrana i racional'noe ispol'zovanie. – Ch. 1. – L.: Nauka, 1986. – S. 317–318.
3. Panov E.N. Sorokoputy' (semejstvo *Laniidae*) mirovoj fauny'. E'kologiya, povedenie, evolyuciya / E.N. Panov. – M.: KMK, 2008. – 650 s.
4. Preobrazhenskaya E.S. E'kologiya vorob'iny'x pticz Privetluzh'ya / E.S. Preobrazhenskaya. – M.: KMK, 1998. – 200 s.

5. *Prokof'eva I.V.* O povedenii i pitanii sorokoputov-zhulanov *Lanius collurio* v gnezdovoe vremya i posle nego / I.V. Prokof'eva // Russkij ornitologicheskij zhurnal. – 2003. – T. 12 (217). – S. 343–354.
6. *Rezanov A.G.* Kormovoe povedenie i sposoby' dobyvaniya pishhi u belo tryasoguzki *Motacilla alba* (Passeriformes, Motacillidae) / A.G. Rezanov // Zoologicheskij zhurnal. – 1981. – T. 60 (4). – S. 548–556.
7. *Rezanov A.G.* Kormovoe povedenie pticz kak mnogovariantnaya povedencheskaya posledovatel'nost': izmenchivost' i stereotipnost' / A.G. Rezanov // Russkij ornitologicheskij zhurnal. – 1996. – T. 5 (1/2). – S. 53–63.
8. *Rezanov A.G.* Kormovoe povedenie pticz: metod cifrovogo kodirovaniya i analiz bazy' dannyx / A.G. Rezanov. – M.: Izdat-shkola, 2000. – 224 s.
9. *Rezanov A.G.* Principial'naya sxema klassifikacii pticz na osnove ix kormovykh metodov / A.G. Rezanov // Russkij ornitologicheskij zhurnal. – 2009. – T. 18 (457). – S. 31–53.
10. *Fionina E.A.* Soobshhestva lugovy'x vorob'iny'x pticz / E.A. Fionina // Pticy' Ryazanskoj meshhery'. – Ryazan': Golos gubernii, 2008. – S. 160–172.
11. *Cramp S.* Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol. VII. Flycatchers to Shrikes / S. Cramp, C.M. Perrins, D.J. Brooks. – Oxford Univ. Press., 1993. – 577 p.
12. *Davies N.R.* Feeding habits of juvenile Red-backed Shrike / N.R. Davies // British Birds. – 1981. – Vol. 74. – № 4. – P. 187.
13. *Höpfnek E.* Zur Sitzwarte des Neuntöters / E. Höpfnek // Falke. 1989. – Vol. 36. – № 7. – S. 215–219.
14. *Solari Ch.* Nahrungserwerb des Neuntöters *Lanius collurio* während der Fortpflanzungszeit / Ch. Solari, H. Schudel // Ornithol. Beob. – 1988. – Vol. 85. – № 1. – S. 81–90.

A.G. Rezanov

Investigation of Feeding Behaviour of Birds Hunting from Perch: Registration and Analysis of Information

Methods of field investigations and registration of feeding behaviour of birds hunting from perch are described. This article presents the analysis of obtained information with the help of computer programs.

Key-words: feeding behaviour of birds; hunting from perch; red-backed shrike; registration and analysis of feeding behaviour.

Е.О. Фадеева

Адаптивные особенности микроструктуры контурного пера полярной совы (*Nyctea scandiaca*)

Проведено электронно-микроскопическое исследование тонкого строения (микроструктуры) первостепенного махового пера полярной совы (*Nyctea scandiaca*), с использованием сканирующего электронного микроскопа. Представленные оригинальные результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что у полярной совы наряду с традиционными элементами архитектоники пера имеется ряд видоспецифических эколого-морфологических адаптаций компенсаторного типа.

Ключевые слова: полярная сова; электронно-микроскопическое исследование; первостепенное маховое перо; микроструктура пера.

В настоящем исследовании проведен качественный анализ микроструктуры первостепенного махового пера полярной совы (*Nyctea scandiaca*) с целью выявления основных видоспецифических характеристик архитектоники пера, а также ряда элементов, возможно, имеющих адаптивный характер.

Полярная, белая, сова является представителем семейства Совиные (*Strigidae*), входящего в состав отряда Собообразные (*Strigiformes*) — очень интересной в теоретическом плане древней группы птиц, сочетающей общие с другими хищными птицами черты с чертами специализации к специфическому стилю ночной охоты. Большинство морфологических и анатомических черт представителей отряда выработалось как приспособление к охоте в темноте.

Полярная сова — практически единственный представитель совообразных, приобретший, наряду с ночным образом жизни, характерным для большинства сов, дневную активность (в условиях полярного дня), что обусловило появление специфического комплекса биоэкологических характеристик у данного вида: поисковый бреющий полет и преследование жертвы в угон, что характерно для хищников с дневной активностью, и практически бесшумный, за счет отсутствия шороха оперения, полет, обеспечивающий незаметное приближение к добыче, а также беспрепятственную локализацию звуков, издаваемых добычей, что является спецификой хищников с ночной активностью. Закономерный интерес вызывает комплекс прямых морфологических адаптаций полярной совы как уникального хищника, приспособившегося одинаково успешно охотиться как в дневное, так и в ночное время. Основное внимание в исследовании данного вопроса уделяется строению крыльев полярной совы — достаточно длинных относительно размеров тела, имеющих закругленную вершину. Широко известны и общепризнаны следующие характеристики. Самый длинный элемент скелета крыла — предплечье, плечо длиннее кисти. Оперение очень густое, плотное, в от-

личие от мягкого, рыхлого и пушистого оперения большинства сов. Однако, маховые и рулевые перья относительно мягкие, «бархатистые», что делает полет совершенно бесшумным. Контурные перья с хорошо развитой пуховой частью, без добавочного стержня. Первостепенных маховых перьев — десять. Крыло диастактическое (аквинтокубитальное): между 4-м и 5-м второстепенными маховыми перьями располагаются добавочные верхние и нижние кроющие перья. На фоне исчерпывающих результатов исследований основных аэродинамически выгодных макроморфологических структур крыла сов, практически неисследованным остается строение основных структур архитектоники первостепенного махового пера — важнейшего функционального элемента крыла птиц.

При изучении пера в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) хорошо различимы видоспецифические детали тонкого строения (архитектоники) пера: особенности структуры кутикулярного (далее кутикула) и сердцевинного (сердцевина) слоев бородок первого порядка (далее бородки I) контурной части опахала пера, полиморфность бородок второго порядка (далее бородки II) дистального и проксимального отделов опахальца, детали строения основных элементов пуховой части опахала пера, в частности, длина и конфигурация кутикулярных чешуек пуховых бородок II [1; 2]. На уровне СЭМ доказаны возможности применения вышеперечисленных параметров в целях таксономической идентификации видов, а также для осуществления биологической экспертизы в практике судебного экспертного исследования [1; 2]. Однако адаптивное значение специфических особенностей микроструктуры пера до сих пор в полной мере не рассматривалось.

Препараты наиболее информативных фрагментов пера — бородок I и бородок II контурной части опахала — были приготовлены стандартным, многократно апробированным методом [2: с. 50–52]. Подготовленные препараты напыляли золотом методом ионного напыления на установке Edwards S-150A (Великобритания), просматривали и фотографировали в сканирующем электронном микроскопе JEOL-840A (Япония), при ускоряющем напряжении 10 кВ.

В настоящем исследовании за основу описания микроструктуры контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы были взяты следующие качественные показатели: конфигурация поперечного среза бородки I, строение сердцевины на поперечном и продольных срезах бородки I, рельеф кутикулярной поверхности бородки I, структура опахальца: строение бородок II дистального и проксимального отделов опахальца, особенности их сцепления, а также конфигурация свободных отделов ороговевших кутикулярных клеток бородок II, обеспечивающих это сцепление и таким образом способствующих целостности опахала.

Форма поперечного среза. Форма бородки I, которая хорошо различима на поперечных срезах, видоспецифична за счет разнообразия конкретных деталей строения: дорсального и вентрального гребней, уплощенности, изогнутости [1: с. 280].

У полярной совы конфигурация поперечного среза бородки II варьирует по направлению от основания бородки — места прикрепления данной бородки

к стержню пера (подопальцевая и последующая базальная части) — к ее вершине (дистальная часть).

Так, поперечный срез в подопальцевой части имеет сильно удлиненную (общая длина среза 795,24 мкм) и достаточно узкую (общая ширина 33,33 мкм) форму за счет сильного уплощения бородки с боковых сторон и значительно удлиненного вентрального гребня, длина которого (366,67 мкм) составляет 46,11% от общей длины среза; досальный гребень выражен незначительно (длина 71,43 мкм). В целом индекс удлиненности поперечного среза бородки I составляет 4,73%; асимметрия в расположении дистального и проксимального выступов практически отсутствует. Помимо значительной удлиненности вентральный гребень отличается изогнутой «серповидной» формой. Сердцевина на поперечном срезе данного участка бородки I представлена однорядной совокупностью уплощенных четырехугольных, разных по форме, воздухоносных полостей, внутренний каркас которых образован густым переплетением коротких толстых нитей, формирующих мелкопористые слабоволнистые стенки сердцевинных полостей. Длина сердцевинного тяжа составляет 357,14 мкм. Корковый слой, преобладающий на срезе данного участка бородки I, имеет однородную структуру.

Форма поперечного среза базальной части бородки I по-прежнему удлиненная и значительно уплощенная с боков. По-прежнему заметно развит вентральный гребень, однако параметры удлиненности несколько изменяются по сравнению с предыдущим участком бородки: увеличивается ширина, уменьшается общая длина бородки на поперечном срезе и уменьшается длина вентрального гребня, что отражается на соотношении длины вентрального гребня к общей длине среза, а также на величине индекса удлиненности. Кроме того, во внутренней структуре бородки начинает заметно преобладать сердцевина. В подтверждение этого приведем следующие данные.

Длина поперечного среза начального участка базальной части бородки I составляет 785 мкм, ширина 45 мкм, длина вентрального гребня (325 мкм) составляет 41,40% от общей длины среза; длина дорсального гребня 57,5 мкм, индекс удлиненности 5,73%. Длина сердцевинного тяжа 402,5 мкм; в однорядной структуре сердцевины заметны признаки двурядного строения.

Длина среза срединного участка базальной части бородки составляет 610,71 мкм, ширина — 35,71 мкм, длина вентрального гребня (121,43 мкм) составляет 19,88% от общей длины среза; длина дорсального гребня 41,07 мкм, индекс удлиненности — 5,85%. Длина сердцевинного тяжа — 448,21 мкм; сердцевина представлена одно-двурядной совокупностью воздухоносных полостей.

Длина среза верхнего участка базальной части бородки — 587,27 мкм, ширина — 40,91 мкм, длина вентрального гребня (114,55 мкм) составляет 19,51% от общей длины среза; длина дорсального гребня 41,82 мкм, индекс удлиненности 6,97%. Длина сердцевинного тяжа — 425,45 мкм; сердцевина представлена одно-двурядной совокупностью воздухоносных полостей.

Конфигурация и параметры удлиненности поперечного среза медиальной части бородки I (рис. 1) заметно изменяются по сравнению с приведенными выше характеристиками базальной части.

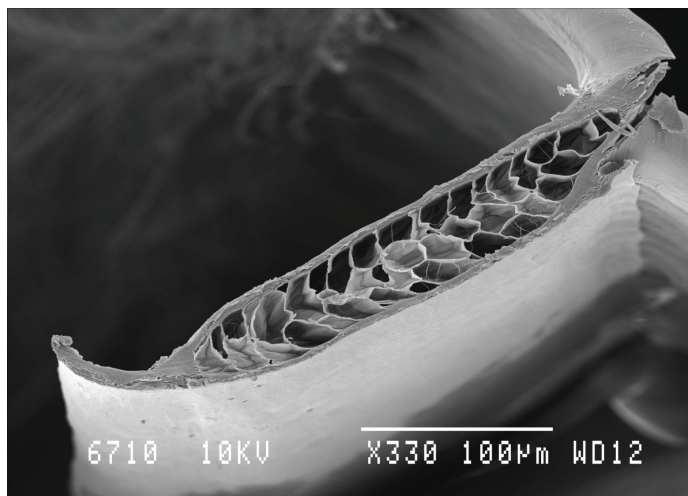


Рис. 1. Поперечный срез медиальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы *Nyctea scandiaca* (Strigidae, Strigiformes). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. х 330.

Форма среза эллипсовидная; заметно уменьшается длина вентрального гребня, при этом серповидная изогнутость его сохраняется; сердцевина имеет двух- и трехрядную структуру, форма сердцевинных ячеек полиморфная, перегородки между ячейками постепенно утолщаются, за счет чего формируется толстостенная структура сердцевинного тяжа; в каркасе воздухоносных полостей сердцевинны заметны редкие тонкие нити, отходящие от перфорированных слабо волнистых стенок полостей (рис. 2). Общая длина поперечного среза данного участка бородки уменьшается и одновременно увеличивается ширина, что находит отражение в изменении величины индекса удлиненности. Приведенные ниже характеристики подтверждают указанную закономерность.

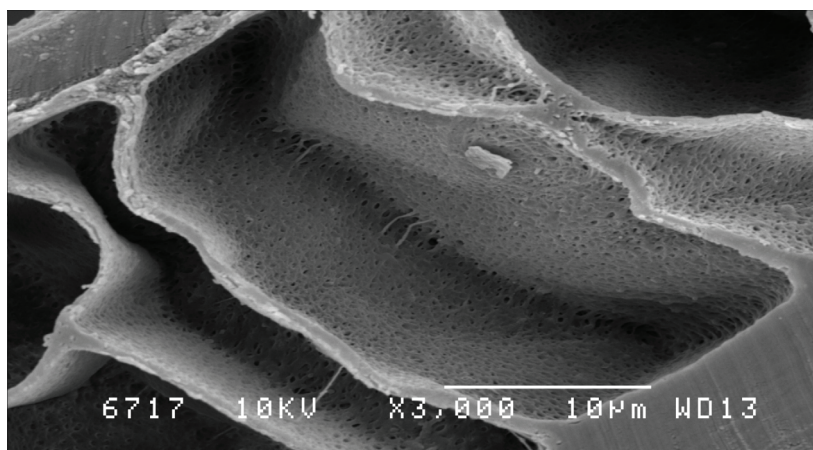


Рис. 2. Сердцевина на поперечном срезе медиальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы *Nyctea scandiaca* (Strigidae, Strigiformes). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. х 3000.

Длина поперечного среза начального участка медиальной части бородки I — 374,73 мкм, что значительно меньше предыдущих показателей, ширина, наоборот, увеличивается — 49,45 мкм, длина вентрального гребня (83,52 мкм) составляет 22,29% от общей длины среза; длина дорсального гребня — 36,26 мкм, индекс удлинённости 13,20%. Длина сердцевинного тяжа — 257,14 мкм.

Длина поперечного среза срединного участка медиальной части бородки I — 359,62 мкм, ширина — 53,85 мкм, длина вентрального гребня (76,92 мкм) составляет 22,29% от общей длины среза; длина дорсального гребня — 32,69 мкм, индекс удлинённости — 14,97%. Длина сердцевинного тяжа — 250 мкм.

Длина поперечного среза верхнего участка медиальной части бородки I — 260,87 мкм, ширина — 44,93 мкм, длина вентрального гребня (82,61 мкм) составляет 31,67% от общей длины среза; длина дорсального гребня — 33,33 мкм, индекс удлинённости — 17,22%. Длина сердцевинного тяжа — 144,93 мкм.

Тенденция изменения конфигурации и параметров удлинённости бородки I на поперечном срезе продолжается также на протяжении всей дистальной части бородки первого порядка. Срез приобретает каплевидную слегка удлинённую форму; вентральный гребень сильно укорочен и практически не изогнут; стенки полиморфных, хаотично расположенных ячеек плотно прилегают к друг другу; тонкие нитчатые выросты, отходящие от перфорированных стенок сердцевинных полостей, образуют скопления; заметно выражена асимметрия в расположении дистального и проксимального выступов бородки I.

Длина поперечного среза начального участка дистальной части бородки I — 151,54 мкм, ширина — 40,77 мкм, длина вентрального гребня (30 мкм) составляет 19,80% от общей длины среза; длина дорсального гребня — 19,23 мкм, индекс удлинённости — 26,90%. Длина сердцевинного тяжа — 102,31 мкм.

Длина поперечного среза срединного участка дистальной части бородки I — 140 мкм, ширина — 39,7 мкм, длина вентрального гребня (30 мкм) составляет 21,43% от общей длины среза; длина дорсального гребня — 22,50 мкм, индекс удлинённости 27,98%. Длина сердцевинного тяжа — 87,5 мкм.

Длина поперечного среза верхнего участка дистальной части бородки I — 122,31 мкм, ширина — 42,31 мкм, длина вентрального гребня (28,46 мкм) составляет 23,27% от общей длины среза; длина дорсального гребня — 23,08 мкм, индекс удлинённости 34,60%. Длина сердцевинного тяжа — 88,46 мкм.

Сердцевина на продольном срезе. В направлении к вершине бородки I заметно изменяется структура сердцевинного тяжа от хаотично расположенных полиморфных тонкостенных воздухоносных полостей (ячеек) в подопахальцевой и базальной частях бородки до четко структурированной однорядной сердцевины в медиальной и дистальной частях. Здесь сердцевина представлена четырехугольными прямоугольной формы сердцевинными ячейками с тонкими гладкими перфорированными стенками, каркас которых образован сплетением коротких тонких нитей; корковый слой имеет слоистую структуру.

Структура кутикулярной поверхности бородки I отчетливо просматривается на всей площади обеих боковых поверхностей дорсального и вентрального гребней. Орнамент рельефа значительно отличается от такового у других рассмотренных нами представителей семейства *Strigidae* (*Asio otus*,

Athene noctua, *Strix aluco*, *Strix uralensis*). Кутикулярные клетки в основании бородки удлиненные, неправильной формы, их рельеф поверхности сглажен, образован плотно прилегающими и не переплетающимися волокнами, образующими волокнистую кутикулярную поверхность; границы между клетками четко обозначены за счет хорошо различимых утолщенных краев клеток; кроме того, хорошо различимы многочисленные перинуклеарные области на поверхности кутикулярных клеток (рис. 3).

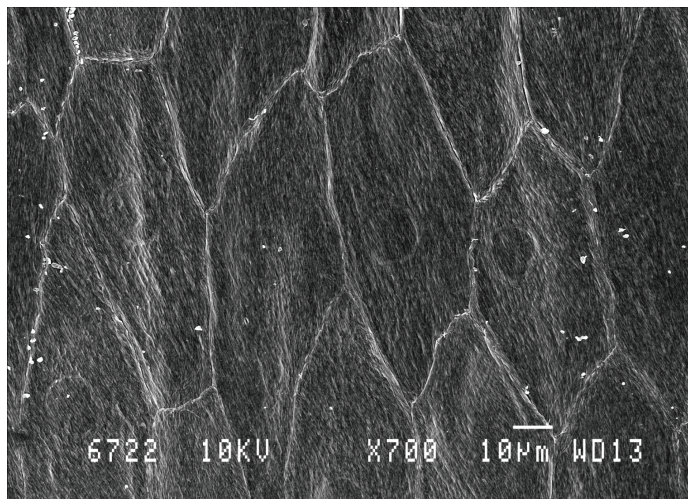


Рис. 3. Кутикулярная поверхность вентрального гребня бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы *Nyctea scandiaca* (Strigidae, Strigiformes). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. x 700.

Микроструктура опахальца. Опахальце представляет собой совокупность бородок II, отходящих в обе стороны от бородки I и равномерно распределенных по всей ее длине — от места прикрепления этой бородки на стержне пера к ее вершине [2: с. 12].

В результате проведенного исследования микроструктуры опахальца бородки I контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы, наряду с типичными чертами строения, был выявлен ряд специфических особенностей. Так, типичные черты строения имеют бородки II проксимальной части опахальца (лучи): изогнутый край (карниз) на дорсальной стороне каждой бородки; в верхней части — зубчатый край, ряд уплощенных ороговевших клеток и сильно удлиненные «спицевидные» вершины. Вместе с тем, плотно сомкнутые бородки II дистальной части опахальца, расположенные в медиальном и дистальном отделах бородки I, наряду с типичными чертами в строении — расширенной базальной частью, наличием волосовидных ресничек в верхней и апикальной частях перышка, а также совокупностью крючочков на его нижней стороне (рис. 4) — отличаются сильно удлиненным перышком. Совокупность плотно прилегающих к проксимальным бородкам (лучам) и не переплетающихся между собой перышек с расположенными на них многочисленными ресничками образует в целом ворсистую поверхность опахала (рис. 5).

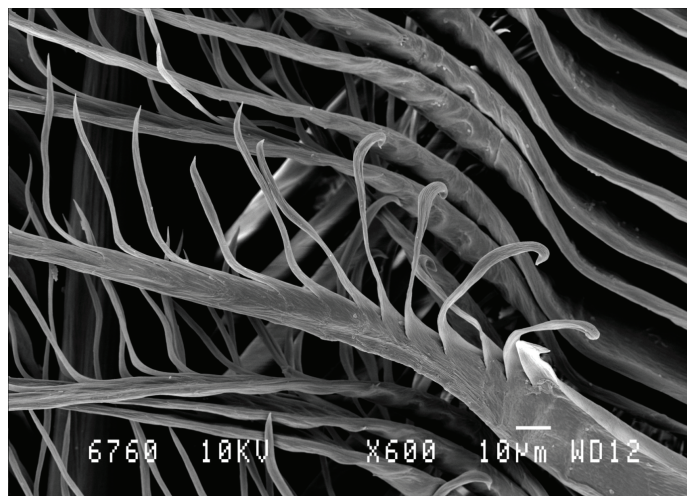


Рис. 4. Элементы тонкого строения контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы *Nyctea scandiaca* (Strigidae, Strigiformes): дистальные бородки II с хорошо выраженными крючочками, обеспечивающие в совокупности целостность опахала пера. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. x 600

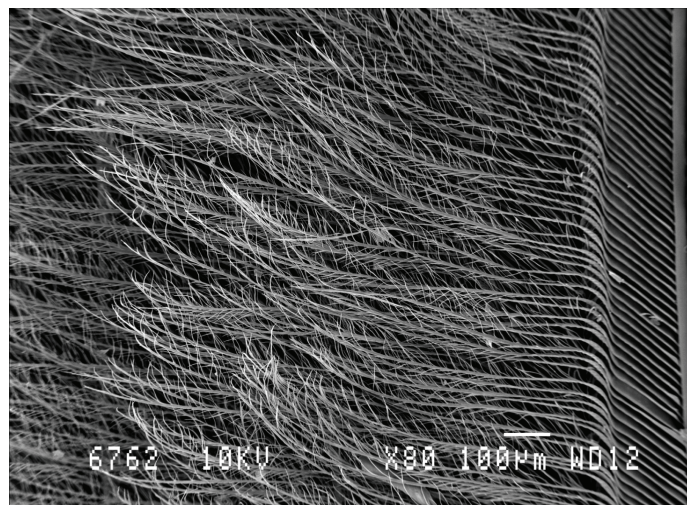


Рис. 5. Дистальные бородки II с расположенными на них многочисленными ресничками, образующие в целом ворсистую поверхность контурной части опахала первостепенного махового пера полярной совы *Nyctea scandiaca* (Strigidae, Strigiformes). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. x 80

Принято считать, что рассученный край опахала, характерный для представителей всего семейства Strigidae, образован за счет отсутствия бородок II на дистальном участке бородки I. Однако в ходе проведенного нами исследования микроструктуры пера у вышеуказанных представителей Strigidae, в том числе полярной совы, выявлено, что рассученный край опахала на большем своем протяжении образован вследствие срастания бородок II между собой и апикальным участком бородки I. При этом «степень рассученности» края опахала

у полярной совы менее выражена по сравнению с другими видами, что, вероятно, придает большую плотность опахалу пера.

Таким образом, в результате проведенного нами исследования микроструктуры первостепенного махового пера полярной совы (*Nyctea scandiaca*) установлено, что наряду с традиционными элементами архитектоники пера имеется ряд видоспецифических характеристик, связанных, по всей видимости, с особенностями образа жизни данного вида и возможно имеющих адаптивный характер.

Литература

1. Чернова О.Ф. Полиморфизм архитектоники дефинитивных покровных перьев / О.Ф. Чернова // Доклады Российской академии наук. – 2005. – Т. 405. – № 2. – С. 280–285.
2. Чернова О.Ф. Архитектоника перьев и ее диагностическое значение: теоретические основы современных методов экспертного исследования / О.Ф. Чернова, В.Ю. Ильяшенко, Т.В. Перфилова. – М.: Наука, 2006. – 98 с.

Literatura

1. Chernova O.F. Polimorfizm arxitektoniki definitivny'x pokrovny'x per'ev / O.F. Chernova // Doklady' Rossijskoj akademii nauk. – 2005. – T. 405. – № 2. – S. 280–285.
2. Chernova O.F. Arxitektonika per'ev i eyo diagnosticheskoe znachenie: teoreticheskie osnovy' sovremenny'x metodov e'kspertnogo issledovaniya / O.F. Chernova, V.Yu. Il'yashenko, T.V. Perfilova. – M.: Nauka, 2006. – 98 s.

E.O. Fadeeva

Adaptability Particularities of the Snowy Owl's (*Nyctea scandiaca*) Contour Feather Microstructure

Fine structure (microstructure) of snowy owl's (*Nyctea scandiaca*) primary remex is investigated with the electron microscopic. Presented original research results suggest that the snowy owl, along with the traditional elements of the feather architectonics has a number of species-specific ecological and morphological adaptations of compensatory type.

Key-words: snowy owl; electron microscopic investigation; primary remix; feather microstructure.

**В.Т. Дмитриева,
А.Т. Напрасников**

Устойчивость динамики увлажнения и теплообеспеченности геосистем

С позиций оптимума физико-географического процесса выявлены критерии устойчивости увлажнения и теплосодержания геосистем. Обоснована устойчивость фазовых состояний увлажнения и теплообеспеченности относительно эквивалентного равенства тепла и влаги, которые являются организующим и стабилизирующим началом динамики природных и природно-антропогенных систем. Оценена термодинамическая устойчивость в пределах ряда метеорологических станций Прибайкалья, Забайкалья и Монголии.

Ключевые слова: физико-географический процесс; оптимальное соотношение тепла и влаги; фаза; фазовая устойчивость увлажнения и теплосодержания; термодинамический процесс; стабилизирующая динамика.

Актуальность проблемы. Проблема устойчивости природных и природно-антропогенных геосистем возникла еще в древности, когда начали строить крупные гидротехнические сооружения и ирригационные системы в Египте, Месопотамии, Хорезме, Индии и Китае. При масштабной ирригации, сведении лесов для металлургии и неконтролируемом перевыпасе пастбищ, начали коренным образом изменяться первичные режимы и структуры ландшафтов. Подобные явления еще в большей мере проявляются в настоящее время. Эта проблема стала глобальной и охватила не только аридные, но и гумидные зоны планеты.

Актуальность проблемы диктуется еще и тем, что человек уже вышел из первичного ландшафта, который интенсивно теряет свойства собственного сохранения. Ощутимо проявляется масштабная урбанизация планеты, провоцирующая экстремальные внутрипланетарные климатические, географические и геологические процессы. Менее защищенной становится планета в условиях космического влияния. Изменяются и структуры радиационного, теплового и водного балансов.

Последствия исторической деятельности человека во вмещающем его ландшафте уже оценили в XIX–XX вв. и в начале XXI в. философы, специалисты разных областей науки, писатели и поэты. Подобных оценок множество, как и много предложений по сохранению устойчивости используемых природных систем. Не касаясь их, остановимся лишь на устойчивости фаз увлажнения и теплообеспеченности приземного слоя воздуха и почвогрунтов. Они как термодинамические инварианты на протяжении довольно устойчивого послеледниковой периода сформировали зональные режимы недостаточного и избыточного увлажнения, обеспечили своеобразное накопление ресурсов влаги и тепла в почвогрунтах и определили современную динамику и в целом устойчивость геосистем.

Объект исследования — термодинамическая устойчивость увлажнения и теплообеспеченности геосистем. Здесь следует иметь в виду, что практически во всех природных процессах, определяющих развитие составляющих ландшафтов, как и их пространственно-временные изменения, на 90 и более процентов определяет тепло солнечного излучения и атмосферная влага, т.е. мощные вещественно-энергетические круговороты, которые в сумме с жизнедеятельностью организмов составляют планетарный тепло-влажнооборот. Важными в данном процессе являются не только количественные оценки степени устойчивости, но и пределы ее изменчивости, определяемые как энергией радиационного баланса в естественных условиях, так и энергией, приложенной к их изменению, например, энергией тепловой мелиорации.

Метод исследования — физико-географический с основами оптимального соотношения тепла и влаги. Выдающийся отечественный географ А.А. Григорьев в 1943 г. обосновал закон физико-географического процесса, развитие и фазовые переходы которого происходят относительно термодинамического равновесия основных состояний ландшафта — тепла солнечного излучения и влаги атмосферы. Процесс достигает максимума «в соответствии со степенью приближения количества атмосферных осадков к оптимальному, при котором количество осадков несколько превышает величину испарения, отвечающую местным тепловым условиям...» [3: с. 16]. Эта концепция получила дальнейшее развитие в работах М.И. Будыко [2] и В.С. Мезенцева [6] и явилась основой раскрытия ряда положений термодинамики ландшафтов и их направленных преобразований.

Содержание метода исследования, терминология и инварианты термодинамических состояний ландшафта. Прежде всего, обратим внимание на ряд аспектов применяемого терминологического аппарата. Общее употребление понятия «термодинамика» основано на показателях почвенной и приземной влаги, находящейся под преобладающим действием сил той или иной природы и обладающей термодинамическими свойствами (теплоемкостью, плотностью, подвижностью молекул и др.). Объектом такого анализа являются почвенно-атмосферная влага и тепло, их взаимообусловленные состояния — увлажнение и теплообеспеченность. Под *термодинамическим потенциалом* понимается функция, зависящая от параметров состояния природной системы и, прежде всего, от энергии теплообеспеченности, а также от сил, приложенных к системе, например, от энергии водной или тепловой мелиорации. В естественных условиях потенциал определяется функцией радиационного баланса (R) или его водным эквивалентом — испаряемостью ($(R / 0,06) = E_0$), а в естественно-антропогенных условиях функцией от искусственно измененного теплосодержания геосистемы. *Термодинамическая устойчивость* обуславливается способностью приземной атмосферы и почвогрунтов к поддержанию или затуханию фазовых состояний увлажнения и теплообеспеченности, а количественно определяется смещением отношений влаги и тепла относительно их эквивалентного равенства (доказательство приводится в тексте). *Термодинамическое равновесие* — это практически нулевое состояние, при котором прослеживается эквивалентное равенство тепла и влаги — осадков (X), водного эквивалента радиационного баланса ($R / 0,06$),

т.е. испаряемости ($X - E_0 = 0$). В естественных условиях это состояние характерно для лесостепи, а в природно-антропогенных системах соответствует условиям, создаваемым в целях достижения максимального водопотребления культурными растениями. *Фаза* — это соотношение сумм фазовых состояний воды, отнесенных к водному эквиваленту радиационного баланса и в обобщающем виде выраженных в фазах увлажнения и теплообеспеченности. *Фаза процесса* — состояние процесса увлажнения и теплообеспеченности в определенный момент или период его развития; началом его считается эквивалентное равенство тепла и влаги. *Параметры состояния* — физические величины, характеризующие увлажнение и теплообеспеченность — выражаются параметрами, которые далее приводятся в тексте работы.

Исходя из приведенных определений, можно считать, что главным и определяющим энергетическим свойством геосистемы является тепловой ресурс. Это космически-ландшафтный фактор, выраженный интегральной системой инвариантов. Независимо от вида, инварианты обеспечивают постоянный приток солнечного излучения. Осуществляется это посредством влияния *космического фактора* в каждый внутригодовой момент или интервал времени; *географического*, с неизменяемым местоположением; геоморфологического, с неизменяемой экспозицией склона и присущей ему характерной поверхностью; *ландшафтно-климатического*, выраженного альбедо и принимаемого постоянным для каждого временного интервала года.

Эти инварианты формируют интегральный термический эффект наподобие «термического котла ландшафта». В нем сталкиваются местные и привнесенные воздушные массы с разным тепловлагодержанием. Их взаимодействие координируется соответствующими термодинамическими потенциалами, фазовыми переходами (скрытой теплотой парообразования, конденсации, «точкой росы», льдообразованием и т.д.). При этом адвективные приземные массы воздуха коренным образом трансформируются, не повторяют прежние свои атмосферные состояния, организуются относительно оси времени ресурсами солнечного излучения и ландшафта, приобретают приземные свойства.

Критерии устойчивости фаз увлажнения и теплообеспеченности.

Определяющими свойствами термодинамики ландшафта являются тепловые и водные потенциалы. Оценка их устойчивых состояний основывается на понятиях прямых и обратных связей в климатических и почвенных системах [1].

«Термический котел» ландшафта рассматривается как пространственно-временная форма развития термодинамической системы ландшафта со свойствами уже перечисленных географо-климатических инвариантов. Входящим в нее сигналом является тепловой ресурс в форме водного эквивалента радиационного баланса (E_0 , мм) и атмосферной влаги, а выходящим — преобразованная атмосферная влага в сумме, равной атмосферным осадкам (X , мм). Это максимальное количество влаги, переработанное тепловым потенциалом «термического котла» в испарение, сток во влагу приземного слоя воздуха, почвогрунтов, во влагу растений и в ту незримую влагу, которая при недостатке атмосферного увлажнения является энергетической субстанцией упругости водяного пара, то есть субстанцией, формирующей реальную напряженность увлажнения. Видимо, это не реа-

лизированный остаток испарительного потенциала радиационного баланса. Не исключено, что именно данным обстоятельством объясняется стремление ряда ученых [2; 6; 9] внести в структуры водного и теплового балансов максимально возможное испарение (испаряемость) как интегральную величину, обеспечивающую равновесное соответствие водных и тепловых балансов.

Данным фактом можно объяснить правомерность классического применения коэффициента увлажнения (β_x), как отношение осадков (X , мм) к испаряемости (E_0), т.е. к водному эквиваленту радиационного баланса ($R / 0,06 = E_0$, мм):

$$\beta_x = X / E_0. \quad (1)$$

В теории интенсивности физико-географического процесса установлено, что если суммы атмосферных осадков равны максимально возможному испарению, то в природе формируется оптимальный режим влаготеплообеспеченности. Отклонения от него рассматриваются как дефициты или избытки влаги, которые равны разности в форме дисбалансового оптимума:

$$\Delta X = X - E_0. \quad (2)$$

В системах водного и теплового балансов отсчет дисбаланса осуществляется относительно термодинамического потенциала, выраженного водным эквивалентом радиационного баланса (E_0). В общем, дисбаланс оптимума отражает напряженность между реальными ресурсами тепла и влаги любых геосистем. При недостатке влаги отрицательные его значения воссоздают эффект не израсходованного потенциала тепловой энергии на испарение. В природной системе их отрицательные значения в основном отражают испарительную напряженность, преобладающе выраженную потенциалом дефицита испарения. Положительная же разность является не реализованным остатком потенциала влаги (реальным избытком влаги) в условиях избытка атмосферных осадков при относительном ограничении испарительных ресурсов тепла. В мелиоративной практике они принимаются за нормы орошения или осушения.

Отношения дефицитов (избытков) влаги к испаряемости характеризуют степень дисбаланса тепла и влаги, выраженного в долях водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов как коэффициент термодинамической устойчивости определяющих в целом динамику тепла и влаги ландшафта:

$$C_{\Delta x} = (X - E_0) / E_0. \quad (3)$$

В условиях оптимального соотношения тепла и влаги это соотношение отражает **минимальную устойчивость системы**, что следует из приведенного преобразования:

$$C_{\Delta x} = (X - E_0) / E_0 = X / E_0 - 1 = (1 - 1) = 0. \quad (4)$$

Эквивалентное равенство тепла и влаги определило грань между ландшафтами избыточного и недостаточного увлажнения, т.е. выразилось функцией превышения или недостатка осадков относительно испарения. Вместе с этим, данная функция оказалась предельно неустойчивой. Достаточно дополнительного минимального притока влаги или тепла в систему, как она может оказаться в фазе иного увлажнения. Подобная трансформация является следствием отсутствия в состоянии системы фазового потенциала, т.е. ресурса в форме удаленности соотношений тепла и влаги от фазового равновесия.

Если в системе преобладает водный эквивалент испаряемости E_0 (максимально возможное испарение), то его растущая величина будет характеризовать рост тепловой устойчивости системы. Когда же в ней исчезнет водный ресурс (X , мм), то она станет **абсолютно устойчивой**. Тогда содержание системы ограничится предельно отрицательным значением единицы (-1). Так как потенциал устойчивости является функцией радиационного баланса, то становится очевидным, что **в естественных условиях увлажнение и теплообеспеченность деятельной поверхности и почв формируют максимальную термодинамическую устойчивость геосистем**. Следовательно, чем далее смещено текущее увлажнение почв от оптимального увлажнения, тем выше его потенциал устойчивости [8].

Если в системе будет возрасти водный ресурс, то при равенстве осадков и испаряемости значимость теплового потенциала снизится от (-1) до нуля (0). При последующем росте атмосферных осадков гидролого-климатическая система входит в фазу положительной устойчивости. На планете Земля максимальное превышение осадков над испаряемостью прослеживается в таежных, лесных, субарктических и арктических зонах, а также на экваторе в бассейне Амазонки и на ряде островов северо-западной части Индийского океана (Калимантан, Новая Гвинея и др.). Здесь положительная устойчивость достигает 6–7 единиц.

Таким образом, на планете выделяются две фазы устойчивого увлажнения — недостаточного и избыточного. Это бинарная система. В пределах ландшафтной поверхности и почвенных горизонтах увлажнение и теплообеспеченность распределяются в обратных пропорциях, как симметричные и равнозначные части единого процесса тепло-влагообеспеченности. Количественно выражаются они значениями дисбаланса оптимума ($-\Delta X$; $+\Delta X$). По обе стороны от оптимального соотношения тепла и влаги формируется бинарная система в соотношениях тепла и влаги: избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности, недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности. Это симметричная и континуальная система, состояние которой в любом местоположении планеты изменяется относительно единого инварианта — вещественно-энергетического равенства тепла и влаги в приземной атмосфере и в почвогрунтах, обычно называемого оптимальным соотношением тепла и влаги. Это соотношение является пограничным между недостаточным и избыточным увлажнением и, следовательно, является максимально неустойчивым [7].

Последующий анализ соотношения тепла и влаги диктует необходимость выражения в «чистом» виде связей между коэффициентом увлажнения и дисбалансом оптимума, т.е. коэффициентом термодинамической устойчивости. Интеграция уравнений (1) и (3) дает следующую комбинацию:

$$C_{\Delta x} = \beta_x - 1. \quad (5)$$

Следует обратить внимание и еще на один аспект анализируемой устойчивости. Разница между максимальной и минимальной устойчивостью количественно определяет *потенциал, стабилизирующий динамику геосистем*.

Термодинамическая устойчивость и потенциал стабилизирующей динамики геосистем. Обычно оценка устойчивости ландшафта дается в следующей формулировке: «свойство... сохранять свою структуру и характер

функционирования при изменяющихся условиях среды» [10: с. 153]. В условиях же орошения, осушения или иной хозяйственной деятельности устойчивость режимов тепла и влаги уменьшается вплоть до нулевых значений. Это обусловлено стремлением аграриев получать максимальную продуктивность с полей, которая формируется при максимальном водопотреблении растений, т.е. при равенстве суммарного увлажнения (осадки плюс поливные нормы) и испаряемости. Однако при этом фазы увлажнения остаются постоянными — недостаточного, или избыточного увлажнения.

В.Б. Сочава [11] ввел понятие «стабилизирующая динамика» как особый вид саморегуляции геосистем, когда в естественных условиях его организующим началом выступает оптимальное соотношение тепла и влаги, а движущей и стабилизирующей силой — максимальный потенциал устойчивости в форме потенциала дисбаланса оптимум ($X - E_0$). Так, например, при мелиорации, когда в природно-техническую систему привносится огромное количество влаги и тепла, между ними возникает термодинамическая напряженность. И здесь «стабилизирующая динамика», как организующее начало термодинамического процесса, приводит данную систему в равновесие. Если же воздействие мелиорации прекращается, то потенциал устойчивости природно-антропогенной системы начинает выполнять функции стабилизирующей динамики, приближает ее к естественному режиму.

Таким образом, термодинамический потенциал устойчивости, выраженный уравнениями (2) и (3) обеспечивает сохранение фаз увлажнения — избыточного или недостаточного. Влага же при этом определяет степень увлажнения и является как регулирующей силой тепла, так и незаменимой составляющей самой стабилизирующей динамики. Данное положение количественно подтверждает тезис В.Б. Сочавы: «Никакая географическая система не может мыслиться без энергетического начала и необходимого условия физико-географического процесса — воды. Эти компоненты существеннее биоты или, по крайней мере, равны ей» [11: с. 34].

Мультипликативные эффекты последствий долговременного сохранения устойчивых фазовых состояний влаги и тепла. Формирование геосистем в условиях постоянного избытка или недостатка влаги при соответствующем сопровождении относительным недостатком или избытком тепла, влечет выработку постоянных свойств в структурах и режимах ландшафтов, накопление в них и, особенно, в почвогрунтах, вещественно-энергетических субстанций (избыток или дефицит воды, мелкозема или грубых фракций, характерных свойств теплопроводности и т.д.). Приобретение новых материальных и энергетических свойств в условиях слабо изменяемых фазовых состояний влаги и тепла осуществляется посредством термодинамической связи между влажностью почвогрунтов, выраженной в долях наименьшей влагоемкости (V) и коэффициентом атмосферного увлажнения (β_x):

$$V = r\sqrt{\beta_x} = r\sqrt{X/E_0} \quad (6)$$

Здесь параметр (r), характеризующий механические свойства почвогрунтов для песчаных почв равен 1,5, супесчаных — 2,0–2,5 и глинистых — 3,0–3,5.

Подобные связи устанавливались на протяжении довольно устойчивого послеледникового периода. При этом пространственно-временное развитие структур природных зон осуществлялось в порядке географических изменений термодинамических условий в соотношениях тепла и влаги на сферической поверхности земли. Это привело к формированию зонально-инвариантных свойств природных систем. Так, современные природно-климатические режимы, установившиеся 10 тысяч лет назад, были довольно устойчивыми и находились в пределах колебаний глобальной температуры 1–2°C. В этих условиях обеспечивалась стабилизация водного баланса земли [5].

В зонах избыточного увлажнения прогрессивно и постоянно накапливался избыток влаги в почвогрунтах, которые становились менее устойчивыми, особенно на склонах гор. В аридных зонах неуклонно возрастал дефицит влагосодержания. За счет сокращения емкостей наименьшей влагоемкости и пленочной влаги увеличивался диапазон дефицита влагосодержания. Все это сопровождалось накоплением и формированием в структурах почвогрунтов соответствующих материальных и энергетических субстанций. Они, в конечном итоге, приближались к крайне неустойчивым мультипликативным состояниям [4].

Так, в зонах недостаточного увлажнения эволюция почвогрунтов осуществляется при недостатке влаги, что порождает снижение влагопроводимости, слабую устойчивость к ветровым и водным потокам. Их верхние горизонты теряют мелкие частицы, происходит сортировка механического состава, интенсивно развивается ветровая дефляция почв.

В зонах избыточного увлажнения прослеживался обратный процесс. При замедленных водных потоках сформировались почвы тяжелого механического состава. В ряде ландшафтов при промывном режиме в условиях постоянной инфильтрации вод в нижние горизонты развились почвы суглинистого и супесчаного механического состава. Практически все они оказались насыщены избыточной влагой. В пределах наименьшей и полной влагоемкости влага характеризуется *высокой подвижностью*. Ее избыточное накопление приводит к образованию окислительных условий, уменьшению объема кислорода, глееобразованию и угнетению корневой системы растений. В пределах наименьшей и полной влагоемкости создаются условия схода селей, оползней, неожиданного срыва верхних почвенных горизонтов. Но наиболее ярко данный эффект выражен в районах вечной мерзлоты. В полярных, субарктических и субантарктических поясах прежде всего ощущается острый недостаток тепла (R ниже 20 ккал/см² год) и различия в увлажнении отступают на второй план, они постоянно преобладают над испаряемостью. Здесь интенсивно развиваются процессы солифлюкции и тиксотропии.

В горах при значительном превышении осадков над испарением накапливаются многометровые мощности снежного покрова. Поэтому лавины и снегоопасность территории является характерной чертой горных ландшафтов зон избыточного увлажнения.

Итак, последствия сформировавшихся фазовых состояний теплообеспеченности и увлажнения явились следствием их устойчивого сохранения на протяжении многих тысячелетий. Здесь именно время стало определяю-

щим фактором развития мультипликативных физико-географических процессов. Данное постоянство заложило для современной действительности бомбу замедленного действия. В период глобального потепления участились проявления природных катастроф — наводнений, оползней, селей, масштабного проявления ветровой и водной эрозии — как следствие нарушения термодинамического состояния прежних природных структур и режимов. Однако они не столь фатальные, так как уже имеются тенденции регионального понижения температур. Но из этого не следует, что *общая направленность в зональных последствиях эволюции тепла и влаги, заложенная в фазовых состояниях избыточного и недостаточного увлажнения ландшафтов еще в послеледниковый период, не отменяется — она будет продолжаться. И этот фактор необходимо исследовать как фундаментальную проблему современной географии.*

Так, за последние 30–40 лет на ряде метеорологических станций Прибайкалья, Забайкалья и Монголии выявлены изменения во времени температур, атмосферных осадков, влажности почв и параметров термодинамической устойчивости. На графиках (см. рис. 1) приведены изменения годовых значений влажности почв в долях наименьшей влагоемкости и коэффициента термодинамической устойчивости. Выявлены их характерные флуктуации и континуальные подвижки во временном развитии. Тенденции трендов представлены в двух формах — полиномом 6-й степени (толстая линия) и линейным трендом (тонкая линия). Их изменения во времени не однозначные. Если на метеостанции г. Иркутска прослеживается рост влажности почв и уменьшение коэффициента термодинамической устойчивости, то в г. Чите и на одной из метеостанций Монголии эти процессы обратные. Подобные явления прослеживаются и в ряде других пунктов стандартного наблюдения. Из этого следует, что одна метеорологическая станция не может быть показателем пространственных изменений анализируемых параметров. При этом между Иркутском и Читой тенденции связей по суммам осадков прямо пропорциональные, а между Иркутском и одной метеостанцией Монголии прослеживается обратная пропорция. Довольно тесная корреляция имеет место между температурами метеорологических пунктов, что объясняется устойчивым их широтным формированием, т.е. является следствием первопричинной континуальности — плавного распределения по поверхности Земли солнечной радиации.

Все изложенные позиции обоснованы линейными трендами, но при этом они не являются абсолютно надежным показателем развития природных процессов. Здесь же на графиках (рис. 1) приведены тренды полинома 6-й степени. Они убедительно отражают волновой и предельно синусоидальный характер развития во времени процессов тепла и влаги. За их пределы в редких случаях могут выходить естественные флуктуации. При этом, хотя антропогенный фактор и является современной геологической силой, он не космический, поэтому не следует ожидать каких-то катастрофических изменений, связанных с глобальным потеплением климата. Он, безусловно, изменяется, но только в пределах нашей планеты, в ее геологических и исторических временах. Поэтому их познание следует отнести к современной географии и к ее родственным палеогеографическим и эволюционным подразделениям.

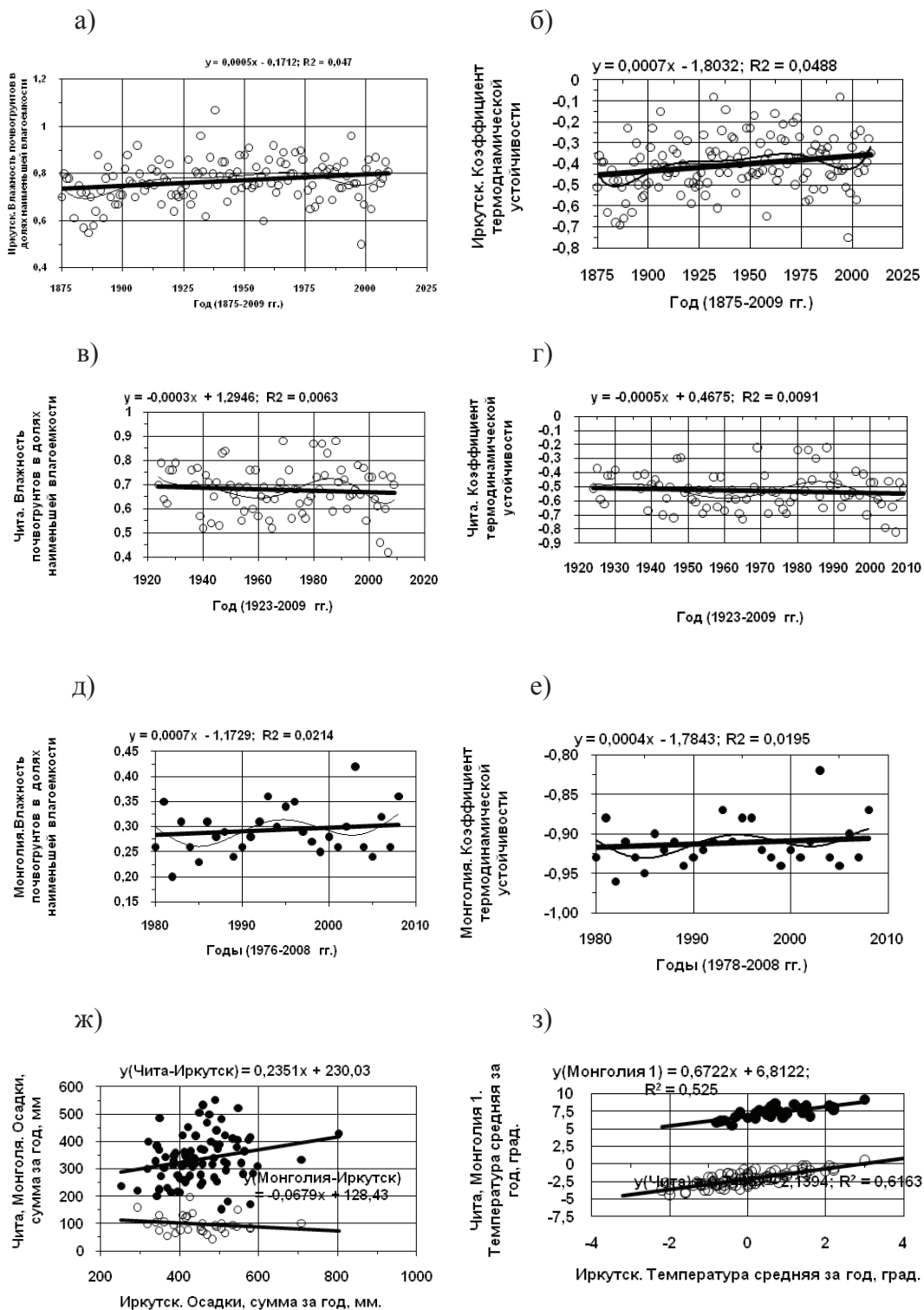


Рис. 1. Тенденции изменений влажности почв, коэффициента термодинамической устойчивости, атмосферных осадков и температур за периоды наблюдений на метеорологических станциях Прибайкалья, Забайкалья и Монголии.

Литература

1. *Борисенков Е.П.* Многофакторная природа парникового эффекта (роль механизмов прямой и обратной связи и сопутствующих явлений) / Е.П. Борисенков // Географические проблемы конца 20 века. – СПб.: РГО, 1998. – С. 183–205.
2. *Будыко М.И.* Испарение в естественных условиях / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1948. – 136 с.
3. *Григорьев А.А.* Некоторые итоги разработки новых идей в физической географии / А.А. Григорьев // Известия АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. – 1946. – Т. X. – № 2. – С. 139–168.
4. *Дмитриева В.Т.* Географические и климатические факторы комфортности территории Восточного Забайкалья / В.Т. Дмитриева, А.Т. Напрасников // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». – 2008. – № 1 (20) – С. 15–25.
5. *Клиге Р.К.* Изменения мирового водного баланса / Р.К. Клиге, Л.С. Евсеева // Современные глобальные изменения природной среды. – Т. 1. – М.: Научный мир, 2006. – С. 269–278.
6. *Мезенцев В.С.* Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности / В.С. Мезенцев // Тр. Омского сельскохозяйств. ин-та. – 1957. – Т. XXVII. – 121 с.
7. *Напрасников А.Т.* Гидролого-климатические системы: геоэкологический анализ / А.Т. Напрасников. – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2003. – 143 с.
8. *Напрасников А.Т.* Критерии бинарной оценки гидролого-климатической устойчивости геосистем / А.Т. Напрасников // География и природные ресурсы. – 2002. – № 3. – С. 18–27.
9. *Ольдекоп Э.М.* Об испарении с поверхности речных бассейнов / Э.М. Ольдекоп // Сб. тр. Метеоролог. Обсерв. Импер. Юрьевского ун-та. – 1911. – Т. IV. – 209 с.
10. *Преображенский В.С.* Основы ландшафтного анализа / В.С. Преображенский, Т.Д. Александрова, Т.П. Куприянова. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
11. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.

Literatura

1. *Borisenkov E.P.* Mnogofaktornaya priroda parnikovogo efekta (rol' mexanizmov pryamoj i obratnoj svyazi i soputstvuyushhix yavlenij) / E.P. Borisenkov // Geograficheskie problemy' koncza 20 veka. – SPb.: RGO, 1998. – S. 183-205.
2. *Budy'ko M.I.* Isparenie v estestvenny'x usloviyax / M.I. Budy'ko. – L.: Gidrometeoizdat, 1948. – 136 s.
3. *Grigor'ev A.A.* Nekotory'e itogi razrabotki novy'x idej v fizicheskoy geografii / A.A. Grigor'ev // Izv. AN SSSR. Ser. geogr. i geofiz. – 1946. – Т. X. – № 2. – S. 139–168.
4. *Dmitrieva V.T.* Geograficheskie i klimaticheskie faktory' komfortnosti territorii Vostochnogo Zabajkal'ya / V.T. Dmitrieva, A.T. Naprasnikov // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». – 2008. – № 1 (20). – S. 15–25.
5. *Klige R.K.* Izmeneniya mirovogo vodnogo balans'a / R.K. Klige, L.S. Evseeva // Sovremennyy'e global'ny'e izmeneniya prirodnoj sredy'. – Т. 1. – М.: Nauchny'j mir, 2006. – S. 269–278.
6. *Mezencev V.S.* Metod gidrologo-klimaticheskix raschyotov i opyt' ego primeneniya dlya raionirovaniya Zapadno-Sibirskoj ravniny' po priznakam uvlazhneniya i teploobespechenosti / V.S. Mezencev // Tr. Omskogo sel'skohoz. in-ta. – 1957. – Т. XXVII. – 121 s.
7. *Naprasnikov A.T.* Gidrologo-klimaticheskie sistemy': geoe'kologicheskij analiz / A.T. Naprasnikov. – Irkutsk: Institut geografii SO RAN, 2003. – 143 s.

8. *Naprasnikov A.T.* Kriterii binarnoj ocenki gidrologo-klimaticheskoy ustojchivosti geosistem / A.T. Naprasnikov // *Geografiya i prirodny'e resursy*. – 2002. – № 3. – S. 18–27.
9. *Ol'dekop E.M.* Ob isparenii s poverxnosti rechny'x bassejnov / E.M. Ol'dekop // *Sb. tr. Meteorolog. Observ. Imper. Yur'evskogo un-ta*. – 1911. – T. IV. – 209 s.
10. *Preobrazhenskij V.S.* Osnovy' landshaftnogo analiza / V.S. Preobrazhenskij, T.D. Aleksandrova, T.P. Kupriyanova. – M.: Nauka, 1988. – 192 s.
11. *Sochava V.B.* Vvedenie v uchenie o geosistemax / V.B. Sochava. – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 319 s.

V.T. Dmitrieva, A.T. Naprasnikov

Stability of Dynamics of Humidification and Warmth Securing of Geo-systems

Criteria of stability of dynamics of humidification and warmth securing of geo-systems are revealed from the positions of physical geography process optimum. Grounded is steadiness of humidification and thermal content phase states in relation to equivalent parity of warmth and moisture, the latter being an organizing and stabilizing prime of natural and natural-and-anthropogenic systems. Thermodynamic stability within the cover of a group of Baikal, Trans-Baikal and Mongolian weather stations is estimated.

Key-words: physical geographical process; optimal correlation of warmth and moisture; phase; phase stability of humidification and thermal content; thermodynamic process; regulating dynamics.

Н.В. Зубков

Влияние фосфорных удобрений на содержание тяжелых металлов в почве, поступление их в растения и продуктивность культур в условиях загрязнения почвы

В статье приведены результаты изучения влияния фосфорных удобрений на содержание кадмия и свинца в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, поступление их в растения льна-долгунца и цикория корневого, продуктивность культур в условиях Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: фосфорные удобрения; тяжелые металлы; поглощение; распределение; продукционный процесс.

Результаты экспериментальных работ, опубликованные в последние годы, свидетельствуют о возможном поступлении тяжелых металлов (ТМ) в почву с фосфорными удобрениями, что обусловлено наличием примесей в фосфатном сырье, количество которых зависит от геологического происхождения и географического местоположения месторождений [6: с. 8; 7: с. 10; 10: с. 33; 16: с. 91; 17: с. 421].

Основные виды отечественного сырья содержат примеси различных ТМ в количествах от $n \cdot 10^{-5}$ до целых %. Меньше всего в фосфорных удобрениях обнаружено кадмия (Cd) ($n \cdot 10^{-5}$ %). Содержание свинца (Pb), никеля (Ni), хрома (Cr) составляет примерно $n \cdot 10^{-4}$ %.

Между концентрацией Cd и дозой P_2O_5 , в частности, в суперфосфате простом (P_c), установлена положительная корреляция. При внесении P_2O_5 в дозе 90 кг/га содержание Cd в почве изменяется на 0,44% от его валового содержания, для остальных ТМ лишь на $n \cdot 10^{-4}$ – $n \cdot 10^{-2}$ % [14: с. 65]. В то же время с удобрениями вносится Cd в 100 раз меньше по сравнению с фоновым содержанием его в почве — 0,6 кг / га [20: с. 688]. Гигиенически опасное накопление Cd (3 мг / кг) в почвах с фоновым содержанием 0,5 мг / кг при ежегодном внесении фосфорных удобрений с 10 мг / кг Cd в дозе 100 кг / га P_2O_5 может произойти не ранее, чем через 2,5 тысяч лет [3: с. 45]. Если учесть его поступление из атмосферы, то время достижения опасного уровня при таком исходном содержании Cd в почве снизится соответственно до 950–1180 лет. Использование удобрений из сырья с содержанием Cd 20 мг / кг при тех же условиях может привести к достижению уровня ПДК — 3 мг / кг элемента через 600–700 лет. Это с учетом того, что весь Cd , поступающий в почву, остается в ней. Таким образом, риск накопления в почве Cd за счет внесения фосфорных удобрений с течением времени незначителен. Однако проблема его нормирования в фосфорных удобрениях актуальна, так как обеспечение оптимального питания растений фосфором должно сопровождаться ограничением внесения токсичного элемента с удобрениями [16: с. 88].

В России нормативы содержания *Cd* в удобрениях не разработаны, поэтому в исследованиях с фосфорными удобрениями необходимо опираться на ПДК этого элемента в почвах и растениях.

В разных формах фосфорных удобрений содержание свинца варьирует от следовых количеств до 100 мг / кг [8: с. 132].

Коэффициент концентрации *Pb* (по отношению к кларку литосферы) в *Pc* может быть превышен до 500 раз [9: с. 185]. Поступление элемента в почву при внесении простого суперфосфата из сырья Каратау, содержащего 49 мг *Pb* / кг из расчета 60 кг / га *P2O5* составит 14,7 г / га, при дозе 100 кг / га *P2O5* — 24,5 г / га. Это почти в два раза меньше, чем поступление *Pb* из атмосферы [1: с. 130; 16: с. 93].

Но даже такое количество свинца обеспечивает увеличение его содержания в почве ежегодно на 0,0049–0,0081 мг / кг, что составляет 0,4–0,6% от среднего содержания в почвах Европы.

Содержание *Ni* в фосфорных удобрениях в процессе переработки исходного сырья обычно увеличивается [19: с. 132]. Примеси *Ni* в удобрениях из сырья Каратау составляют: в простом суперфосфате (*Pc*) — 23 мг / кг, в двойном суперфосфате (*PCД*) — 17 мг / кг, в фосфоритной муке (*Pф*) — 74 мг / кг. Диаммофос (ДАФ) из фосфоритов Флориды содержит 10 мг / кг *Ni*, из фосфоритов Запада США — 120–156 мг / кг [16: с. 91].

Мнение о чистоте фосфорных удобрений, производимых из отечественного сырья, и о незначительной вероятности негативного воздействия этих примесей на почву и растения подтверждаются в работах Б.С. Ниязбековой, И.М. Мальцева, Ю.А. Потатугеовой и других [10: с. 38]. Учитывая, что *Ni* в фосфорных удобрениях входит в состав прочносвязанных и малодоступных растениям соединений, количество его, поступающее в почвы с удобрениями (0,37 тыс. тонн в год), ничтожно мало по сравнению с техногенным поступлением (325 тыс. тонн в год) и с атмосферными выпадениями (24 тыс. тонн в год) [16: с. 89].

В последние годы сельское хозяйство страны получает фосфор в основном в виде комплексных удобрений [2: с. 273].

По данным, приводимым М.М. Овчаренко в аммофосе содержание *Cd* может варьировать от 2 до 5 мг / кг, *Pb*, *Ni*, *Cu* от 5 до 23 мг / кг, *Zn* от 15 до 142 мг / кг, *Mn* от 210 до 302 мг / кг; в азофоске: *Cd* от 2 до 4 мг / кг, *Pb* от 8 до 12 мг / кг, *Ni* от 14 до 92 мг / кг, *Cu* от 112 до 123 мг / кг, *Zn* от 123 до 150 мг / кг и *Mn* от 142 до 282 мг / кг; в нитроаммофосе, соответственно, *Cd*, *Pb* 1–4 мг / кг; *Ni* 3–7 мг / кг; *Cu* 2–23 мг / кг; *Zn* 17–29 мг / кг; *Mn* 18–169 мг / кг [11: с. 10].

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния фосфорных удобрений на содержание ТМ в почве, поступление их в растения и продуктивность культур в условиях загрязнения почвы.

Исследования проводили в полевых опытах в условиях Ярославского района Ярославской области. Почва опытного участка — дерново-подзолистая среднесуглинистая с повышенным содержанием гумуса, высоким — подвижного фосфора и повышенным — обменного калия; слабокислой реакцией среды. Исходное содержание *Cd* — 0,6 мг / кг; *Pb* — 15,1 мг / кг; *Zn* — 28,4 мг / кг; *Cu* — 12,3 мг / кг; *Mn* — 162 мг / кг и *Ni* — 14,6 мг / кг почвы при содержании

потенциально доступных форм 60–70%. Искусственное загрязнение почвы тяжелыми металлами осуществляли внесением соответствующих сернокислых солей ТМ: по свинцу — 300 мг / кг; кадмию — 10 мг / кг почвы.

В опытах выращивались лен-долгунец Тверца, цикорий Ярославский. Технология выращивания сельскохозяйственных культур — общепринятая для зоны.

Действие фосфорных удобрений на содержание ТМ изучалось на минеральном (N60K90) фоне удобрения.

Содержание ТМ определяли атомно-абсорбционным методом.

Статистическая обработка данных осуществлялась стандартными методами.

В проведенных нами полевых опытах не отмечено повышения уровня содержания в почве ТМ при внесении фосфорных удобрений (табл. 1, 2). Отсутствие негативного влияния ТМ в фосфорных удобрениях при длительном применении их показано также в работах А.П. Щербакова, М.В. Райхинштейна [18: с. 138], Ю.Н. Касицкого и др. [5: с. 19], Е.А. Парамоновой [12: с. 138], С.Ю. Карповой [4: с. 84], А.А. Петелина [13: с. 90]. Однако большинство авторов, отмечая положительный баланс для ряда ТМ при длительном внесении их с фосфорными удобрениями и поступлениями из атмосферы, указывают на необходимость обязательного экологического мониторинга за состоянием почв и растений [4: с. 110; 11: с. 15; 15: с. 103].

Таблица 1

Влияние доз фосфорных удобрений на содержание ТМ в почве подо льном*

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. N60K90	$\frac{0,28}{90}$	$\frac{9,1}{58}$	$\frac{6,3}{56}$	$\frac{26,6}{38}$	$\frac{7,9}{27}$	$\frac{153}{90}$
2. NKP60	$\frac{0,25}{100}$	$\frac{9,3}{65}$	$\frac{6,7}{52}$	$\frac{28,4}{38}$	$\frac{8,9}{20}$	$\frac{161}{88}$
3. NKP120	$\frac{0,30}{100}$	$\frac{10,0}{64}$	$\frac{6,4}{58}$	$\frac{27,8}{41}$	$\frac{8,7}{25}$	$\frac{158}{91}$
4. NK + Cd	$\frac{9,6}{92}$	$\frac{9,1}{70}$	$\frac{7,0}{57}$	$\frac{27,1}{45}$	$\frac{8,5}{26}$	$\frac{160}{91}$
5. NKP60 + Cd	$\frac{9,7}{93}$	$\frac{8,7}{80}$	$\frac{7,0}{56}$	$\frac{27,6}{53}$	$\frac{8,3}{23}$	$\frac{158}{92}$
6. NKP120 + Cd	$\frac{9,9}{91}$	$\frac{9,1}{70}$	$\frac{6,8}{60}$	$\frac{26,8}{51}$	$\frac{8,0}{29}$	$\frac{160}{89}$
7. NK + Pb	$\frac{0,30}{90}$	$\frac{290}{86}$	$\frac{6,3}{65}$	$\frac{25,7}{57}$	$\frac{7,2}{29}$	$\frac{159}{92}$
8. NKP60 + Pb	$\frac{0,28}{96}$	$\frac{281}{75}$	$\frac{5,4}{74}$	$\frac{23,9}{53}$	$\frac{7,1}{28}$	$\frac{154}{95}$
9. NKP120 + Pb	$\frac{0,22}{100}$	$\frac{268}{69}$	$\frac{5,1}{88}$	$\frac{23,6}{60}$	$\frac{7,1}{32}$	$\frac{151}{100}$

* В числителе — содержание валовых форм, мг / кг; в знаменателе — потенциально доступных форм, % от валовых.

Таблица 2

**Влияние фосфорных удобрений на содержание валовых
и потенциально доступных форм ТМ в почве под цикорием***

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>NK</i>	$\frac{0,4}{55}$	$\frac{10}{73}$	$\frac{6,7}{70}$	$\frac{29}{45}$	$\frac{13}{21}$	$\frac{153}{95}$
2. <i>NKP60</i>	$\frac{0,3}{61}$	$\frac{11}{71}$	$\frac{6,6}{70}$	$\frac{26}{44}$	$\frac{13}{23}$	$\frac{153}{88}$
3. <i>NKP120</i>	$\frac{0,4}{82}$	$\frac{106}{57}$	$\frac{4,6}{69}$	$\frac{28}{47}$	$\frac{12}{23}$	$\frac{153}{92}$
4. <i>NK + Cd</i>	$\frac{5,2}{93}$	$\frac{11}{64}$	$\frac{7,0}{53}$	$\frac{28}{39}$	$\frac{12}{19}$	$\frac{151}{93}$
5. <i>NKP60+ Cd</i>	$\frac{6,9}{96}$	$\frac{11}{75}$	$\frac{6,8}{5,3}$	$\frac{27}{40}$	$\frac{11}{19}$	$\frac{152}{89}$
6. <i>NKP120 + Cd</i>	$\frac{5,6}{87}$	$\frac{9}{78}$	$\frac{7,0}{60}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{12}{15}$	$\frac{145}{91}$
7. <i>NK + Pb</i>	$\frac{0,4}{45}$	$\frac{214}{100}$	$\frac{6,8}{62}$	$\frac{27}{68}$	$\frac{13}{20}$	$\frac{146}{95}$
8. <i>NKP60 + Pb</i>	$\frac{0,3}{48}$	$\frac{211}{99}$	$\frac{6,9}{70}$	$\frac{27}{59}$	$\frac{13}{21}$	$\frac{145}{95}$
9. <i>NKP120 + Pb</i>	$\frac{0,3}{45}$	$\frac{198}{100}$	$\frac{7,3}{63}$	$\frac{28}{51}$	$\frac{13}{22}$	$\frac{147}{98}$

* В числителе — валовые формы, мг / кг; в знаменателе — потенциально доступные, % от валовых.

Для обоснования предельно допустимого уровня загрязнения почв тяжелыми металлами основным критерием является переход их из пахотного горизонта в растения и, как следствие этого, оценка биологической чувствительности и толерантности растений к концентрациям ТМ в почве при внесении удобрений.

На примере таких технических культур как лен и цикорий, нами показано влияние фосфорных удобрений на содержание *Cd*, *Pb*, *Cu*, *Zn*, *Ni* и *Mn* в растениях и распределение их по различным органам.

Во-первых, необходимо отметить строго акропетальный характер распределения в растениях таких элементов как *Cd*, *Pb* и *Ni*. Так, на незагрязненной почве содержание *Cd* в корнях льна было выше по сравнению с соломкой в 1,7 раза, а с коробочками — в 2,4 раза; на загрязненной *Cd* — соответственно, в 3,5 и 5,1 раза (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние доз фосфорных удобрений
на содержание ТМ в растениях льна-долгунца, мг / кг в.с.м.**

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>N30K60</i>						
Корни	0,7	2,2	2,6	16	1,6	32
Соломка	0,4	2,3	1,5	14	1,0	18
Коробочки	0,3	2,8	7,6	48	1,1	30

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
2. <i>N30K60P120</i>						
Корни	0,7	1,6	1,8	14	1,4	32
Соломка	0,4	2,4	1,3	13	1,1	22
Коробочки	0,2	1,4	7,4	49	1,2	28
3. <i>NK + Cd</i>						
Корни	14,7	1,8	2,6	16	1,9	28
Соломка	4,2	2,1	1,7	13	1,2	18
Коробочки	2,9	1,9	7,4	47	0,9	26
4. <i>NKP + Cd</i>						
Корни	7,6	2,0	1,8	14	1,6	23
Соломка	4,5	2,1	1,7	14	1,5	24
Коробочки	1,9	2,2	7,2	49	1,1	28
5. <i>NK + Pb</i>						
Корни	0,5	35,0	2,7	14	1,3	27
Соломка	0,4	4,2	1,4	12	1,2	12
Коробочки	0,3	1,9	8,5	47	1,0	24
6. <i>NKP + Pb</i>						
Корни	0,6	37,1	2,2	14	1,2	26
Соломка	0,3	4,3	1,4	10	1,3	12
Коробочки	0,3	2,0	8,2	47	1,1	23

Содержание свинца в корнях при загрязнении им почвы было выше, чем в соломке, в 8 раз; в коробочках — в 18 раз. Такие элементы как *Cu* и *Zn* концентрировались преимущественно в коробочках. Концентрация *Mn* в коробочках практически равнялась его концентрации в корнях. Это указывает на связь данных элементов с важнейшими процессами жизнедеятельности растений. В растениях цикория содержание всех изучаемых элементов было существенно выше в ботве по сравнению с корнеплодами (табл. 4).

Таблица 4

Влияние доз фосфорных удобрений
на содержание ТМ в растениях цикория, мг/кг в.с.м.*

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>NK</i>	<u>0,2</u> 0,6	<u>2,2</u> 4,8	<u>2,6</u> 4,4	<u>8</u> 36	<u>1,0</u> 6,7	<u>12</u> 82
2. <i>NKP60</i>	<u>0,2</u> 0,6	<u>2,5</u> 4,2	<u>2,9</u> 4,5	<u>9</u> 43	<u>1,1</u> 6,5	<u>15</u> 84
3. <i>NKP120</i>	<u>0,1</u> 0,5	<u>2,4</u> 3,2	<u>3,3</u> 4,7	<u>10</u> 37	<u>1,4</u> 5,3	<u>13</u> 77
4. <i>NK + Cd</i>	<u>2,4</u> 13,3	<u>2,2</u> 5,1	<u>2,7</u> 5,1	<u>8</u> 40	<u>1,1</u> 8,5	<u>12</u> 85
5. <i>NKP60 + Cd</i>	<u>2,3</u> 13,3	<u>1,9</u> 5,4	<u>3,0</u> 5,8	<u>7</u> 39	<u>1,1</u> 7,5	<u>11</u> 84
6. <i>NKP120 + Cd</i>	<u>2,0</u> 14,4	<u>2,3</u> 4,2	<u>3,0</u> 5,8	<u>9</u> 37	<u>1,0</u> 6,7	<u>11</u> 85

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
7. <i>NK + Pb</i>	$\frac{0,1}{1,3}$	$\frac{10,2}{53,8}$	$\frac{2,6}{5,2}$	$\frac{7}{38}$	$\frac{1,1}{8,2}$	$\frac{11}{84}$
8. <i>NKP60 + Pb</i>	$\frac{0,1}{1,3}$	$\frac{10,5}{42,9}$	$\frac{3,0}{5,6}$	$\frac{9}{45}$	$\frac{1,2}{8,9}$	$\frac{19}{84}$
9. <i>NKP120 + Pb</i>	$\frac{0,1}{1,5}$	$\frac{10,8}{42,8}$	$\frac{3,1}{5,5}$	$\frac{9}{39}$	$\frac{0,8}{9,0}$	$\frac{15}{84}$

* В числителе — корнеплоды, в знаменателе — ботва.

На незагрязненной почве фосфорные удобрения способствовали снижению содержания *Cd* и *Pb* в корнях и коробочках, *Cu* и *Zn* — в корнях и стеблях, *Ni* — в корнях. При загрязнении почвы *Cd* фосфорные удобрения усиливали деятельность физиологических барьеров при поступлении этого элемента на границе почва — корень (содержание элементов уменьшалось в 1,9 раз) и на границе стебель — коробочки. Под действием фосфора содержание *Cd* в коробочках уменьшалось в 1,5 раза.

При увеличении свинцовой нагрузки на почву фосфор не способствовал усилению действия защитных механизмов по отношению к элементу-загрязнителю (табл. 5).

Таблица 5

**Коэффициенты превышения фонового содержания ТМ
в органах льна при внесении удобрений**

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>NK</i>						
Корни	1,6	1,4	1,1	1,0	1,60	1,5
Соломка	1,0	1,0	1,0	0,9	0,77	1,0
Коробочки	1,0	0,9	1,1	1,0	0,73	1,1
2. <i>NKP120</i>						
Корни	1,6	1,0	0,8	0,9	1,40	1,5
Соломка	1,1	1,1	0,8	0,8	0,85	1,2
Коробочки	0,8	0,7	1,0	1,0	0,80	1,0
3. <i>NK + Cd</i>						
Корни	35,9	1,1	1,1	1,0	1,90	1,3
Соломка	11,4	0,9	1,1	0,8	0,92	1,0
Коробочки	10,3	1,0	1,0	1,0	0,60	1,0
4. <i>NKP120 + Cd</i>						
Корни	18,7	1,2	0,8	0,9	1,60	1,1
Соломка	12,3	0,9	1,1	0,9	1,15	1,3
Коробочки	6,8	1,0	1,0	1,0	0,73	1,0
5. <i>NK + Pb</i>						
Корни	1,2	26,6	1,1	0,9	1,3	1,2
Соломка	1,0	1,8	1,0	0,7	0,92	0,7
Коробочки	1,1	1,0	1,2	1,0	0,67	0,9

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
6. <i>NKP120 + Pb</i>						
Корни	1,3	22,9	0,9	0,9	1,2	1,2
Соломка	0,7	1,9	1,0	0,6	1,00	0,7
Коробочки	1,0	1,0	1,2	1,0	0,73	0,9

В корнеплодах цикория фосфорные удобрения несколько снижали содержание кадмия при дозе фосфора 120 кг / га и не повлияли при всех испытываемых дозах на поступление *Pb* в растения (табл. 6).

Таблица 6

**Коэффициенты превышения фонового содержания ТМ
в органах цикория при внесении удобрений***

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>N60K90</i>	<u>1,2</u> 1,7	<u>0,7</u> 1,3	<u>0,9</u> 2,0	<u>0,8</u> 2,6	<u>0,9</u> 1,2	<u>0,8</u> 1,4
2. <i>NKP60</i>	<u>0,9</u> 1,7	<u>0,7</u> 1,5	<u>1,0</u> 2,3	<u>0,8</u> 4,2	<u>1,0</u> 1,3	<u>1,0</u> 1,4
3. <i>NKP120</i>	<u>0,7</u> 1,1	<u>0,7</u> 0,9	<u>1,1</u> 2,1	<u>1,0</u> 2,9	<u>1,3</u> 0,9	<u>0,9</u> 1,3
4. <i>NK + Cd</i>	<u>13,6</u> 38,1	<u>0,7</u> 1,4	<u>0,9</u> 2,3	<u>0,8</u> 3,8	<u>1,0</u> 1,5	<u>0,8</u> 1,4
5. <i>NKP60 + Cd</i>	<u>18,7</u> 43,7	<u>0,6</u> 1,7	<u>1,1</u> 2,6	<u>0,7</u> 3,7	<u>1,0</u> 1,4	<u>0,8</u> 1,4
6. <i>NKP120 + Cd</i>	<u>11,5</u> 49,8	<u>1,0</u> 1,1	<u>1,0</u> 2,6	<u>0,8</u> 3,5	<u>0,9</u> 1,1	<u>0,7</u> 1,4
7. <i>NK + Pb</i>	<u>0,8</u> 2,2	<u>3,0</u> 14,5	<u>0,9</u> 2,3	<u>0,7</u> 3,1	<u>1,0</u> 1,4	<u>0,7</u> 1,4
8. <i>NKP60+ Pb</i>	<u>1,3</u> 3,7	<u>2,8</u> 11,0	<u>1,2</u> 2,8	<u>0,8</u> 5,3	<u>1,1</u> 1,5	<u>1,3</u> 1,4
9. <i>NKP120+ Pb</i>	<u>0,7</u> 5,2	<u>3,4</u> 11,8	<u>1,1</u> 2,5	<u>0,8</u> 3,8	<u>0,7</u> 1,6	<u>1,0</u> 1,4

* В числителе — корнеплоды, в знаменателе — ботва.

Доминирующая роль в накоплении таких элементов как медь и цинк в растениях льна-долгунца принадлежит коробочкам; кадмия, свинца, никеля и марганца — соломке (табл. 7).

Таблица 7

Влияние доз фосфорных удобрений на вынос ТМ органами льна-долгунца, г / га

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>NK</i>						
Корни	0,7	2,2	2,5	16	1,5	31
Соломка	2,0	1,7	7,7	74	5,1	93
Коробочки	0,5	5,4	14,7	93	2,1	58

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
2. <i>NKP120</i>						
Корни	0,8	2,0	2,1	16	1,6	37
Соломка	2,1	12,8	6,9	72	5,9	119
Коробочки	0,5	3,1	16,5	109	2,7	63
3. <i>NK + Cd</i>						
Корни	13,0	1,6	2,3	14	1,7	25
Соломка	20,3	10,0	8,1	64	5,5	88
Коробочки	7,1	4,7	18,1	116	2,1	64
4. <i>NKP120 + Cd</i>						
Корни	6,9	1,8	1,6	13	1,4	21
Соломка	21,3	9,8	7,9	66	7,0	112
Коробочки	4,7	5,4	17,8	121	2,7	69
5. <i>NK + Pb</i>						
Корни	0,6	41,1	3,2	18	1,6	32
Соломка	2,0	21,3	7,1	61	6,1	63
Коробочки	0,4	5,4	24,2	135	2,8	69
6. <i>NKP120 + Pb</i>						
Корни	0,7	45,3	2,7	17	1,4	32
Соломка	1,3	21,5	7,0	51	7,0	61
Коробочки	0,8	5,4	22,0	128	3,0	64

При загрязнении почвы кадмием и свинцом резко увеличивается роль корней в накоплении элемента-загрязнителя. Так, если на незагрязненной почве на азотно-калийном варианте доля корней в общем выносе *Cd* растениями составляла 20%, то при загрязнении почвы — 32%. Искусственное загрязнение почвы свинцом сопровождалось увеличением доли корней в общем выносе этого элемента льном с 11 до 61. При этом внесение фосфора практически не сказалось на доле различных органов в общем выносе элементов-загрязнителей.

У растений цикория во всех вариантах опыта отмечена доминирующая роль корнеплодов в абсолютном накоплении таких элементов как свинец, медь (табл. 8). Ботва больше выносит никеля и марганца, кадмия (за исключением азотно-калийного фона на незагрязненной почве). В выносе цинка корнеплоды и ботва играют практически одинаковую роль. При загрязнении почвы *Cd* доля ботвы в общем выносе элемента-загрязнителя увеличивалась на 6–19%; *Pb* — 21–26%. На загрязненной почве фосфорные удобрения не повышали доли ботвы в общем выносе элементов-загрязнителей растениями цикория.

Таблица 8

**Влияние фосфорных удобрений и загрязнения
на вынос ТМ органами цикория, г / га***

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>N60K90</i>	<u>0,6</u> 0,5	<u>6</u> 4	<u>7</u> 3	<u>24</u> 27	<u>3</u> 5	<u>34</u> 62

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
2. <i>NKP60</i>	$\frac{0,6}{0,5}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{30}{36}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{51}{69}$
3. <i>NKP120</i>	$\frac{0,4}{0,5}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{31}{34}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{41}{71}$
4. <i>NK + Cd</i>	$\frac{6,6}{10,4}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{21}{31}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{31}{67}$
5. <i>NKP60 + Cd</i>	$\frac{7,8}{11,1}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{24}{33}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{37}{71}$
6. <i>NKP120 + Cd</i>	$\frac{9,7}{11,2}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{28}{29}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{36}{66}$
7. <i>NK + Pb</i>	$\frac{0,5}{1,1}$	$\frac{33}{48}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{24}{34}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{35}{76}$
8. <i>NKP60 + Pb</i>	$\frac{0,5}{1,2}$	$\frac{38}{39}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{34}{41}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{69}{77}$
9. <i>NKP120 + Pb</i>	$\frac{0,4}{1,6}$	$\frac{38}{45}$	$\frac{11}{6}$	$\frac{33}{41}$	$\frac{3}{9}$	$\frac{52}{89}$

* В числителе — корнеплоды, в знаменателе — ботва.

Таким образом, отмечаемое в литературе значительное накопление микро-элементов в корнях и корневищах, а также в листьях по сравнению со стеблями, характерно не для всех изучаемых нами элементов [14: с. 65]. Однако загрязнение почвы во всех случаях способствовало акропетальному распределению элемента-загрязнителя в органах растений.

Несопоставимо действие загрязнения почвы и макроэлементов, в частности, фосфора, на содержание элемента-загрязнителя, повышение концентрации которого в растворе может сопровождаться увеличением его содержания в растениях в десятки раз.

Фосфорные удобрения в дозе 120 кг / га не изменяли вынос *Cd* и *Pb* надземной массой льна и растениями цикория на незагрязненной почве; при загрязнении *Cd* повышали вынос *Zn*, *Ni*, *Mn* растениями льна, *Cu*, *Zn*, *Ni*, *Mn* — цикория (табл. 7, 8).

Загрязнение почвы свинцом сопровождалось уменьшением выноса *Cu*, *Zn*, *Mn* и увеличением *Ni* надземной массой льна и увеличением выноса этих элементов растениями цикория.

Несмотря на биологические особенности возделываемых технических культур на незагрязненной ТМ почве, доля таких элементов как *Cd*, *Pb*, *Cu* в общем выносе урожаем довольно близка и не превышает, соответственно, 0,4–0,8%; 3,8–5,6%; 5,2–6,8% (табл. 9, 10). Доля *Zn* в общем выносе изучаемых элементов в растениях льна в 1,4–1,5 раза выше по сравнению с растениями цикория; никеля — ниже в 2,0–2,1 раза.

Таблица 9

**Влияние фосфорных удобрений на соотношение ТМ
в общем выносе их растениями льна ($Cd + Pb + Cu + Zn + Ni + Mn = 100\%$)**

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>NK</i>	0,8	4,6	5,9	43,4	2,1	43,2
2. <i>NK P120</i>	0,7	3,8	5,2	41,7	2,2	46,4
3. <i>NK + Cd</i>	8,6	3,5	6,2	41,5	2,0	38,2
4. <i>NK P120 + Cd</i>	6,7	3,5	5,6	40,8	2,3	41,1
5. <i>NK + Pb</i>	0,6	13,7	7,0	43,2	2,1	33,4
6. <i>NK P120 + Pb</i>	0,6	15,3	6,7	41,7	2,4	33,3

В общем выносе культур на долю цинка и марганца у льна приходится 87–88%, у цикория 83–84%.

Сопоставляя количественное соотношение микроэлементов в растениях (табл. 9, 10) и почве (табл. 1, 2), легко заметить тесную связь между ними.

Увеличение доли кадмия в общем выносе урожаем примерно в 10 раз при загрязнении почвы этим элементом происходило за счет снижения доли цинка и марганца (табл. 9, 10).

Таблица 10

**Влияние фосфорных удобрений на долевое участие ТМ
в общем выносе их растениями цикория, %**

Варианты	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
1. <i>N60K90</i> (фон)	0,6	5,6	6,1	29,0	4,5	54,2
2. <i>NKP60</i>	0,5	5,3	5,9	29,9	4,1	54,3
3. <i>NKP120</i>	0,4	4,9	6,8	30,7	4,3	52,9
4. <i>NK + Cd</i>	8,7	5,1	5,8	26,4	3,7	50,3
5. <i>NKP60 + Cd</i>	8,7	4,9	6,7	26,1	4,5	49,1
6. <i>NKP120 + Cd</i>	8,5	5,1	6,8	27,0	4,0	48,6
7. <i>NK + Pb</i>	0,5	29,5	4,8	21,0	4,0	40,2
8. <i>NKP60 + Pb</i>	0,6	23,5	4,9	22,8	3,8	44,4
9. <i>NKP120 + Pb</i>	0,6	25,1	5,1	22,6	3,7	42,9

Загрязнение почвы свинцом сопровождалось увеличением его доли в общем выносе элементов растениями льна в 3,4 раза; цикория — 4–5 раз.

Внесение фосфорных удобрений существенно не изменяло соотношения изучаемых элементов в общем выносе их урожаем.

Очевидно, в связи с высокой обеспеченностью опытных почв подвижными формами фосфора, применение удобрений в годы проведения опытов не сказалось существенно на урожайности соломки льна (табл. 11).

Таблица 11

Влияние фосфорных удобрений при загрязнении почвы *Cd* и *Pb* на урожайность соломки льна-долгунца и использование *P2O5* удобрений

Варианты	Урожайность		Общий вынос <i>P2O5</i> , кг / га	К исп. <i>P2O5</i> из удобрений, %
	т / га	% к фону		
1. <i>NK</i>	5,09	100	32	—
2. <i>NKP120</i>	5,31	104	37	4,0
3. <i>NK + Cd</i>	4,80	94	22	—
4. <i>NKP120 + Cd</i>	4,66	92	25	2,8
5. <i>NK + Pb</i>	5,07	100	25	—
6. <i>NKP120 + Pb</i>	5,01	98	28	2,5
НСР 05 А	0,29			
В	0,21			

Урожайность цикория в зависимости от доз *P2O5* удобрений увеличивалось на незагрязненной почве на 8–15%; при загрязнении *Cd* — 19–21%; *Pb* — 10–15% (табл. 12).

Коэффициенты использования фосфора из удобрений, определенные разностным методом, существенно различались в зависимости от биологических особенностей культур. Загрязнение почв *Cd* и *Pb* снижало использование фосфора из удобрений растениями льна в 1,4–1,6 раза (табл. 11).

Коэффициенты использования фосфора растениями цикория увеличивались в 1,2 раза при загрязнении почвы *Cd* и во столько же раз снижались при загрязнении почвы *Pb* (табл. 12).

Таблица 12

Влияние фосфорных удобрений на загрязнение почвы *Cd* и *Pb* на урожайность и использование *P2O5* растениями цикория

Варианты	Урожайность		Общий вынос <i>P2O5</i> , кг / га	К исп. <i>P2O5</i> из удобрений, %
	т / га	% к фону		
1. <i>N60K90</i> (фон)	14,4	100	184	—
2. <i>NKP60</i>	16,5	115	204	33
3. <i>NKP120</i>	15,5	108	211	23
4. <i>NK + Cd</i>	13,6	94	164	—
5. <i>NKP60 + Cd</i>	16,5	115	188	40
6. <i>NKP120 + Cd</i>	16,3	113	197	28
7. <i>NK + Pb</i>	16,1	112	187	—
8. <i>NKP60 + Pb</i>	18,3	127	204	28
9. <i>NKP120 + Pb</i>	17,6	122	212	21
НСР 05 А	1,7			
В	1,4			

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что отрицательного взаимодействия между фосфорными удобрениями и загрязнением почвы тяжелыми металлами не установлено. Внесение фосфора не сказывалось на доле различных органов растений в общем выносе тяжелых металлов и не изменяло существенно их соотношения. Использование фосфора из удобрений на загрязненной и незагрязненной почве оставалось практически одинаковым.

Литература

1. Глазовская М.А. Почвы мира. Часть 1. / М.А. Глазовская. – М.: МГУ, 1972. – 230 с.
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М.: Госхимкомиссия РФ, 2002. – 316 с.
3. Карпова Е.А. Кадмий в почвах, удобрениях и растениях / Е.А. Карпова, Ю.А. Потатуева // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 21. – С. 44–47.
4. Карпова С.Ю. Влияние длительного внесения удобрений на содержание микроэлементов и тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве в льняном севообороте: дис. ... канд. биол. наук / С.Ю. Карпова. – М., 2000. – 155 с.
5. Касицкий Ю.И. Влияние длительного применения концентрированных и балластных удобрений на продуктивность севооборота, плодородие почвы и накопление в почве и растениях тяжелых и токсических элементов / Ю.И. Касицкий, Ю.А. Потатуева, Ф.В. Янишевский и др. // Материалы 1-го Всероссийского совещания Геосети опытов с удобрениями. – М.: НИИТЭХИМ, 1994. – С. 17–21.
6. Милащенко Н.З. Экологические проблемы в интенсивном земледелии / Н.З. Милащенко // Экологические проблемы химизации в интенсивном земледелии. – М.: ГПНТБ, 1990. – С. 3–10.
7. Минеев В.Г. Проблемы тяжелых металлов в современном земледелии / В.Г. Минеев // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах: материалы научно-практической конференции. – М.: ГПНТБ, 1994. – С. 5–11.
8. Минеев В.Г. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной химизации. Свинец / В.Г. Минеев, А.А. Алексеева, Т.А. Гришина // Агрохимия. – 1982. – № 9. – С. 126–140.
9. Никифорова Е.М. Техногенные аномалии микроэлементов в почвах агроландшафтов Московской области в связи с химизацией / Е.М. Никифорова // Тезисы докладов 8-го Всероссийского съезда почвоведов. – Т. 2. – Новосибирск: ГПНТБ, 1989. – С. 185.
10. Ниязбекова Б.С. Экологические аспекты производства и применения фосфорных удобрений / Б.С. Ниязбекова, И.М. Мальцева, Ю.А. Потатуева и др. // Обзорная информация. Вып. 4 (95). – М.: НИИТЭХИМ, 1990. – 74 с.
11. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / М.М. Овчаренко // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4. – С. 8–16.
12. Парамонова Е.А. Биогенные и токсические элементы в агроценозе при интенсивной химизации: дис. ... канд. биол. наук / Е.А. Парамонова. – М., 1991. – 189 с.
13. Петелин А.А. Влияние агрохимических средств на состояние свинца, кадмия и стронция в системе почва – растение: дис. ... канд. биол. наук / А.А. Петелин. – М., 2000. – 125 с.
14. Попова А.А. Влияние минеральных и органических удобрений на состояние тяжелых металлов в почвах / А.А. Попова // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 62–68.

15. *Потатueva Ю.А.* Влияние длительного применения фосфорных удобрений на накопление в почве и растениях тяжелых металлов и токсических элементов / Ю.А. Потатueva, Ю.И. Касицкий, А.Д. Хлыстовский и др. // *Агрохимия*. – 1994. – № 11. – С. 98–113.
16. *Потатueva Ю.А.* Агроэкологическое значение примесей тяжелых металлов и токсичных элементов в удобрениях / Ю.А. Потатueva, Н.К. Сидоренкова, Е.Г. Прищеп // *Агрохимия*. – 2002. – № 1. – С. 85–95.
17. *Технология фосфорных и комплексных удобрений* / Под ред. С.Д. Эвенчика, А.А. Бродского. – М.: Химия, 1987. – 464 с.
18. *Щербаков А.П.* К итогам 14-го конгресса Международного общества почвоведов / А.П. Щербаков, М.В. Райхинштейн // *Агрохимия*. – 1987. – № 9. – С. 135–142.
19. *Ягодин Б.А.* Никель в системе почва – удобрение – растения – животные и человек / Б.А. Ягодин, В.В. Говорина, С.Б. Виноградова // *Агрохимия*. – 1991. – № 1. – С. 128–138.
20. *Sauerbeck D.R.* Zur Cadmiumbelastung von Mineral dngern in Abhängigkeit von Rohstoff und Herstellungsverfahren / D.R. Sauerbec, E. Reitz // *Zangwirtschaftliche Forschung*. – 1980. – В. 37. – С. 685–690.

Literatura

1. *Glazovskaya M.A.* Pochvy' mira. Chast' 1 / M.A. Glazovskaya. – М.: MGU, 1972. – 230 s.
2. Gosudarstvenny'j katalog pesticidov i agroximikativ, razreshyonny'x k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii. – М.: Goshimkomissiya RF, 2002. – 316 s.
3. *Karpova E.A.* Kadmij v pochvax, udobreniya i rasteniya / E.A. Karpova, Yu.A. Potatueva // *Himizaciya sel'skogo xozyajstva*. – 1990. – № 21. – С. 44–47.
4. *Karpova S.Yu.* Vliyanie dlitel'nogo vneseniya udobrenij na sodержание mikroelementov i tyazhyoly'x metallov v dernovo-podzolistoj pochve v l'nyanom sevooborote: dis. ... kand. biol. nauk / S.Yu. Karpova. – М., 2000. – 155 s.
5. *Kasiczkij Yu.I.* Vliyanie dlitel'nogo primeneniya koncentrirovanny'x i ballastny'x udobrenij na produktivnost' sevooborota, plodorodie pochvy' i nakoplenie v pochve i rasteniyax tyazhely'x i toksicheskix e'lementov / Yu.I. Kasiczkii, Yu.A. Potatueva, F.V. Yanishevskij i dr. // *Materialy' 1-go Vserossijskogo soveshhaniya Geoseti opy'tov s udobreniyami*. – М.: NIITEHIM, 1994. – С. 17–21.
6. *Milashenko N.Z.* E'kologicheskie problemy' v intensivnom zemledelii / N.Z. Milashenko // *E'kologicheskie problemy' ximizacii v intensivnom zemledelii*. – М.: GPNTB, 1990. – С. 3–10.
7. *Mineev V.G.* Problemy' tyazhely'x metallov v sovremennom zemledelii / V.G. Mineev // *Tyazhely'e metally' i radionuklidy' v agroekosistemax: materialy' nauchno-prakticheskoy konferencii*. – М.: GPNTB, 1994. – С. 5–11.
8. *Mineev V.G.* Tyazhely'e metally' i okruzhayushhaya sreda v usloviyax sovremennoj ximizacii. Svinez / V.G. Mineev, A.A. Alekseeva, T.A. Grishina // *Agroximiya*. – 1982. – № 9. – С. 126–140.
9. *Nikiforova E.M.* Texnogenny'e anomalii mikroelementov v pochvax agrolandshaftov Moskovskoj oblasti v svyazi s ximizaciej / E.M. Nikiforova // *Tezisy' dokladov 8-go Vserossijskogo s'ezda pochvovedov*. – Т. 2. – Novosibirsk: GPNTB, 1989. – С. 185.
10. *Niyazbekova B.S.* E'kologicheskie aspekty' proizvodstva i primeneniya fosforny'x udobrenij / B.S. Niyazbekova, I.M. Mal'ceva, Yu.A. Potatueva i dr. // *Obzornaya informaciya. Vy'p. 4 (95)*. – М.: NIITEHIM, 1990. – 74 s.
11. *Ovcharenko M.M.* Tyazhyoly'e metally' v sisteme pochva-rastenie-udobrenie / M.M. Ovcharenko // *Ximiya v sel'skom xozyajstve*. – 1995. – № 4. – С. 8–16.

12. *Paramonova E.A.* Biogenny'e i toksicheskie e'lementy' v agrocenoze pri intensivnoj ximizacii: dis. ... kand. biol. nauk / E.A. Paramonova. – M., 1991. – 189 s.
13. *Petelin A.A.* Vliyanie agroximicheskix sredstv na sostoyanie svincza, kadmiya i stronciya v sisteme pochva-rastenie: dis. ... kand. biol. nauk / A.A. Petelin. – M., 2000. – 125 s.
14. *Popova A.A.* Vliyanie mineral'ny'x i organicheskix udobrenij na sostoyanie tyazhyoly'x metallov v pochvax / A.A. Popova // Agroximiya. – 1991. – № 3. – S. 62–68.
15. *Potatueva Yu.A.* Vliyanie dlitel'nogo primeneniya fosforny'x udobrenij na nakoplenie v pochve i rasteniyax tyazhely'x metallov i toksicheskix e'lementov / Yu.A. Potatueva, Yu.I. Kasiczij, A.D. Xly'stovskij i dr. // Agroximiya. – 1994. – № 11. – S. 98–113.
16. *Potatueva Yu.A.* Agroe'kologicheskoe znachenie primesei tyazhyoly'x metallov i toksichny'x e'lementov v udobreniyax / Yu.A. Potatueva, N.K. Sidorenkova, E.G. Prishhep // Agroximiya. – 2002. – № 1. – S. 85–95.
17. *Texnologiya fosforny'x i kompleksny'x udobrenij* / Pod red. S.D. E'venchika, A.A. Brodskogo. – M.: Ximiya, 1987. – 464 s.
18. *Shherbakov A.P.* K itogam 14-go kongressa Mezhdunarodnogo obshhestva pochvovedov / A.P. Shherbakov, M.V. Rajxinshtejn // Agroximiya. – 1987. – № 9. – S. 135–142.
19. *Yagodin B.A.* Nikel' v sisteme pochva – udobrenie – rasteniya – zhivotny'e i chelovek / B.A. Yagodin, V.V. Govorina, S.B. Vinogradova // Agroximiya. – 1991. – № 1. – S. 128–138.
20. *Sauerbeck D.R.* Zur Cadmiumbelastung von Mineral d'ngern in Abhangigkeit von Rohstoff und Herstellungsverfahren / D.R. Sauerbec, E. Reitz // Zangwirtschaftliche Forschung. – 1980. – B. 37. – S. 685–690.

N.V. Zubkov

**Phosphorus Fertilizer Effect on Content of Heavy Metals in Soil,
Their Intake by Plants and Crop Productivity in Conditions of Soil Pollution**

The paper presents results of studies of phosphorus fertilizers effect on cadmium and lead content of in the sod-podzolic loamy soil, their intake by common flax and root chictory plants, crop productivity in the Central Non-Chernozem zone of the Russian Federation.

Key-words: phosphate fertilizer; heavy metals; absorption; distribution of; production process.

ЧЕЛОВЕК И СРЕДА ЕГО ОБИТАНИЯ

Л.В. Назаренко,
Н.В. Загоскина

Водоросли и продукты промышленного назначения на их основе

Бурые и красные морские водоросли богаты разнообразными биологически активными веществами. Полисахариды водорослей обладают многофункциональностью воздействия на организм человека. В настоящее время это направление является одним из приоритетных, в том числе и в биотехнологии.

Ключевые слова: водоросли; альгиновая кислота; альгинаты; каррагинаны; агар; фукоидан.

Водоросли представляют собой «сборную» группу низших растений, многие виды которых произрастают в море. Считается, что это самые древние представители растительного мира, родоначальники растений, вышедших на сушу в палеозойскую эру [10]. Кроме того, именно в воде сосредоточена основная масса растительности нашей планеты (1,6 тыс. тонн сырья на 1 кв. км океана). Все это делает данную группу организмов чрезвычайно интересной как для научных исследований, так и для их практического применения.

Водоросли значительно отличаются по морфофизиологическим характеристикам, что вызывает большие разногласия ученых в их классификации [3]. Характерной особенностью водорослей является отсутствие дифференции вегетативного тела (таллом или слоевище) на стебель, листья и корни, хотя иногда возможна ее имитация. Нельзя забывать и о том, что к водорослям относят и прокариотные цианобактерии (долгое время называемые сине-зелеными водорослями) — организмы, способные, как и эукариоты, поглощать углекислый газ и выделять кислород, возникшие 3,5 миллиарда лет назад. Согласно теории симбиогенеза, именно цианобактерии являлись предками хлоропластов фотосинтезирующих растений [5].

В последние годы отмечается все больший интерес ученых-биотехнологов к изучению красных и бурых водорослей, обитающих преимущественно в морях и обладающих различной окраской (от светло-красного до фиолетового цвета). Это связано с тем, что образующийся в них хлорофилл *a* и каротиноиды маскируются красными, сильно флуоресцирующими пигментами — фикоэритрином и фикоцианином [2]. Наличие фикобилипротеинов позволяет

им оптимально использовать коротковолновый свет и расти на больших глубинах (даже до 180 м).

Для красных водорослей характерно образование багрянкового крахмала в виде округлых, часто слоистых структур [6]. Он является полисахаридом, по своим свойствам близким к амилопектину и гликогену. Для красных водорослей характерно также образование «флоридозиды» — соединения галактозы и глицерина. Кроме того, аморфная часть их клеточной стенки содержит различные полисахариды, являющиеся предметом биотехнологических исследований. Среди них самый большой интерес вызывает альгиновая кислота и альгинаты, а также каррагинаны, агар и фукоидан.

Альгиновая кислота и альгинаты. Альгиновая кислота — это полисахарид, в чистом виде имеющий вязкие резиноподобные свойства. Ее молекула состоит из двух мономеров (*D*-маннуриновой и *L*-гулуриновой кислот), соединенных в разных соотношениях (в зависимости от вида водорослей) в полимерную цепь. Альгиновая кислота нерастворима в воде и в большинстве органических растворителей.

Альгинаты представляют собой соли альгиновой кислоты, в карбоксильных группах которой водород замещён на натрий, калий, кальций или аммоний. Это полимерные молекулы, также состоящие из *D*-маннуриновой и *L*-гулуриновой кислот, соотношение которых меняется от 1 : 1,04 до 1 : 1,9 в зависимости от вида водорослей [17].

Основным свойством альгинатов является способность образовывать особо прочные коллоидные растворы, характеризующиеся кислотоустойчивостью, в отличие от нерастворимой альгиновой кислоты. Фрагменты полиманнуриновой кислоты обуславливают вязкость альгинатных растворов, а фрагменты гулуриновой кислоты ответственны за «силу» геля и специфическое связывание двухвалентных ионов металлов. Растворы альгинатов безвкусны, почти без цвета и запаха. Они не коагулируют при нагревании и сохраняют свои свойства при охлаждении и замораживании.

Альгинат был открыт английским химиком Т.С. Станфордом (Т.С. Stanford) в 1881 году, как побочный продукт при получении йода из морских водорослей. Его содержание может достигать до 40% от сухого веса. Основными источниками для получения альгинатов являются крупные бурые водоросли — представители ламинариевых и фукусовых. Это, главным образом, *Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera* и *Ascophyllum nodosum*; в меньшей степени — *L. digitata*, *L. japonica*, *Ecklonia maxima*, *Lessonia nigrescens* и виды *Sargassum*. Основными производителями альгината являются США, Норвегия, Великобритания, Франция, Китай, Япония, а также Чили, Россия и Индия (в небольших количествах). Стоимость альгинатов зависит от их свойств и составляет 5–20\$ за кг.

Применение. Высокая потребность в альгинатах объясняется их широким применением в целом ряде производств и отраслей промышленности, в том числе и пищевой. Это обусловлено тем, что они придают вязкость жидким растворам и стабилизируют эмульсии и дисперсанты. Добавление альгината

натрия в соусы, майонезы, кремы, молочные десерты улучшает их взбиваемость, однородность и устойчивость при хранении, а также предохраняет эти продукты от расслаивания [4].

Альгинаты вводят в состав мармеладов, желе, разнообразных заливных блюд. Добавление 0,1–0,15% альгината натрия препятствует засахариванию варенья и джемов, предупреждает выпадение осадка в различных напитках. Его сухой порошкообразный аналог используют для ускорения растворения сухих порошкообразных и брикетированных пищевых продуктов (растворимые кофе и чай, порошкообразное молоко, кисели и т.д.).

Альгинаты применяются для приготовления формованных продуктов (аналогов рыбного филе, фруктов и др.) и гранулированных капсул, содержащих текучие пищевые продукты. Их используют как стабилизаторы и эмульгаторы при производстве мороженого, для предотвращения потери воды при оттаивании замороженной рыбы, морских беспозвоночных животных и мяса [1].

Достаточно широко альгинаты используют в косметологии: как стабилизаторы мыла, шампуней, эмульсии в кремах и лосьонах, как среду для приготовления кремов, мазей, помад.

В фармакологии смеси водорастворимых и водонерастворимых альгинатов применяют в качестве связующего вещества сухих таблеток. Альгинаты в виде волокон (смесь альгината натрия и кальция) используют для первичной обработки ран, ожогов, а альгинат кальция — при приготовлении форм в зубопротезной практике.

Альгиновая кислота и ее соли могут являться энтеросорбентами, поскольку обладают свойством поглощения и выведения из организма человека и животных радиоактивных веществ, тяжелых металлов (свинец, ртуть и т.п.) и других токсических веществ.

Альгинаты используют в медицине в качестве антацида для нейтрализации соляной кислоты в желудке [22]. А соединения, особенно с высоким содержанием гулурановой кислоты, применяются для иммобилизации клеток и тканей при получении комплексных биомолекул, таких как антибиотики, гормоны, вакцины, ферменты и др.

В США разработана биотехнология производства моноклональных антител клетками млекопитающих, заключенных в альгинатный гель. Эти соединения используются для диагностики при раковой терапии. Разработаны альгинат-хитиновые капсулы, через поры которых идет выделение инсулина, и они могут быть трансплантированы человеку.

Продукты переработки бурых водорослей издавна используются в текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности. Благодаря гидрофобным свойствам нерастворимых в воде альгинатов, их применяют при изготовлении водонепромокаемой пряжи, тканей, одежды из кожи, крема для обуви. Кроме того, альгинаты используют в текстильной промышленности для загущения красок, а также как заменители крахмала при шлихтовании особенно ценной пряжи. В химической промышленности альгинаты используют при производстве ионообменников, а альгинат цинка — это белый пигмент в масляных и глифталевых лаках и красках.

В целлюлозно-бумажной промышленности с помощью альгинатов обрабатывают картон, получают специальные сорта бумаги и ламинированные декоративные пленки. Альгинаты используются также при производстве ледерина, коленкора, при изготовлении брикетов топлива и акварельных красок.

Каррагинаны. Каррагинаны относятся к семейству сульфатированных полисахаридов, получаемых из красных морских водорослей, и названных в честь ирландского мха, также известного как мох Каррагена. Эти полисахариды состоят из повторяющихся дисахаридных звеньев, содержащих сульфатированные остатки *D*-галактозы и 3,6-ангидро-*D*-галактозы. К настоящему времени установлено около 20 так называемых идеализированных типов каррагинана, различающихся содержанием 3,6-ангидро-*D*-галактозы, местоположением и количеством сульфатных групп [16; 18].

Препараты каррагинанов обладают различными свойствами и их делят на три группы: *κ*-карраген, *ι*-карраген и *λ*-карраген. Наиболее важным отличием, влияющим на их свойства, является число и положение сульфатных эфиров на повторяющихся субъединицах галактозы. Большее количество сульфатных эфиров понижает температуру растворения каррагинана и приводит к более мягким гелям или препятствует образованию гелей (лямбда-каррагинан) [18].

Каппа-карраген (*κ*-карраген) производится из *Kappaphycus cottonii* и образует сильные, твердые гели (одна сульфатная группа на две молекулы галактозы). Йота-карраген (*ι*-карраген) производится из *Eucheuma spinosum* и формирует мягкие гели (две сульфатные группы на две молекулы галактозы). Лямбда-карраген (*λ*-карраген) формирует гели в смеси с белками, а не водой (три сульфатные группы на две молекулы галактозы). Наиболее частый источник — водоросли *Gigartina* из Южной Европы.

Следует также отметить, что различные типы каррагинанов образуются на разных стадиях развития красных водорослей. Так, у представителей рода *Gigartina* каппа-каррагинаны производятся главным образом в стадии гаметофита, а лямбда-каррагинаны — в стадии спорофита.

Каррагинан получают также из ирландского мха (хондрус — *Chondrus crispus* L.), произрастающего на северо-западном побережье Ирландии и на побережье американского штата Массачусетс. В Ирландии заготовку водорослей проводят осенью, а в Америке — летом. Студенистые экстракты из водоросли *C. crispus* использовались в качестве пищевых добавок в течение сотен лет. Впервые каррагинан был получен из морской водоросли в 1844 году, а в 1930-х годах начал применяться в качестве загустителя в промышленных масштабах, хотя в Китае его использовали еще в VII веке до н.э.

Традиционными источниками каррагинана остаются виды родов *Chondrus*, *Gigartina* и *Iridaea*, собираемые из естественных зарослей в Канаде, Ирландии, Чили, Франции. Кроме того, используются виды *Hypnea*, *Furcellaria* и *Phyllophora*. Крупнейшими производителями являются Филиппины и Индонезия (приблизительно 80% мирового объема поставки каррагена), где морские водоросли разводятся специально. В основном это виды

Carpathophycus alvarezii, *K.striatum* и *Eucheuma denticulatum*. Каррагинан получают преимущественно из различных видов *Eucheuma*. Обычно используются водоросли *Cottonii* (*Eucheuma cottonii*) и *Spinosum* (*Eucheuma spinosum*), так как из них получается особенно чистый карраген. Они растут на глубине 2-х метров от поверхности моря. Водоросли выращивают на нейлоновых тросах, закрепленных на бамбуковых опорах. Урожай собирают приблизительно через три месяца, когда каждое растение весит около килограмма.

Производство каррагинанов как важного сырья для медицинской, пищевой и некоторых других отраслей промышленности развито в США, Франции, Канаде, Англии, Швеции, Норвегии, Ирландии, Португалии, Филиппинах и некоторых других странах. Мировое потребление каррагинанов составляет более 14 000 тонн в год и увеличивается на 1–3% ежегодно. Стоимость каррагинана составляет 5–10\$ за кг.

Применение. Каррагинаны находят все более широкое применение в пищевой промышленности. Это обусловлено их уникальными стабилизирующими и уплотняющими свойствами, которые способствуют улучшению структуры продукта, увеличивают выход готового продукта, придают ему эластичность и упругость. При концентрации 0,06% каррагинаны используются для стабилизации растворов, при 2% — как слабые гели.

Карраген входит в состав целого ряда продуктов. Он содержится: в десертах, молочных коктейлях и соусах (для увеличения клейкости и липкости); в мороженом (для придания мягкости и предотвращения образования кристаллов льда); в сливках и молочных напитках (для предотвращения отстоя сливок или расслоения молока); в пиве (осветлитель для удаления белков, вызывающих потемнение); в вине (для удаления мутности); в паштетах и в мясе, прошедшем обработку (заменяет жир для удержания воды и увеличения объема); в разнообразных желе и джемах, пудингах и т.д. (в качестве вяжущего компонента).

Каррагинаны используют при выпечке, приготовлении соусов, при производстве диетических продуктов и замороженных полуфабрикатов, поскольку, благодаря им на замороженных продуктах не видно кристалликов льда. В мясоперерабатывающей промышленности при их применении увеличивается выход готовых мясных продуктов, что используется для удешевления производства в расчете на массу готовой продукции [11; 19]. В США и странах Юго-Восточной Азии эти вещества добавляют даже в шницели и бифштексы, чтобы кусок мяса казался пышным, воздушным.

Каррагинаны применяются в косметологии и фармацевтике в качестве уплотнителей и стабилизаторов эмульсий, особенно при соединении масел и жидкостей, а также при производстве кремов, шампуней, мыла, масок для лица, зубной пасты и т.д.

В текстильной промышленности каррагинан используют для аппретирования тканей, в бумажной — для приготовления суспензий и растворов, а также для предотвращения осаждения взвесей, в креме для обуви как гель для увеличения вязкости.

Необходимо упомянуть и о целебных свойствах каррагинанов. Они обладают антикоагулирующей, антивирусной, антираковой и антиязвенной биологической

активностью, а также способны выводить из организма тяжелые металлы и радионуклеиды, способствуют нормализации уровня холестерина и сахара в крови.

Каррагинаны используются в средствах и продуктах для похудения, поскольку они хорошо набухают, увеличивая объем продуктов и пропорционально уменьшая количество калорий. Кроме того, каррагинан из хондруса используется как отхаркивающее средство.

Агар. *Агар* (производное от малайского агар-агар — водоросли) представляет собой смесь полисахаридов агарозы и агаропектина. Это высокомолекулярные вещества, строение молекул которых, а именно объединение в длинные цепи, объясняет способность агара к образованию геля. В состав полисахаридов агара входят *D*- и *L*-галактоза, 3,6-ангидро-*L*-галактоза, пептиды, *D*-глюкуроновая и пировиноградная кислоты и некоторые другие соединения. Помимо полисахаридов (до 75%), в нем обнаружено 2–3% белков и других азотистых веществ, а также 2–4% золы [15].

Агар-агар не растворим в холодной воде, но способен к набуханию в ней. Полностью он растворяется в воде при нагревании (95–100°C), горячий раствор является прозрачным и ограниченно вязким. При охлаждении до 35–40°C он становится чистым и крепким гелем, который является термообратимым. В концентрации 1–1,5% агар образует плотные гели, затвердевающие при температуре 36–42°C, а в концентрации 0,04% — желированные растворы.

Агар-агар начали добывать из морских водорослей в Японии уже в 1670 году. Его получают, главным образом, из видов *Gelidium*. В настоящее время агар все в больших количествах получают из ряда культивируемых видов *Gracilaria*, а также *Pterocladia*, *Achanthopeltis* и *Ahnfelia*.

Основными производителями агара являются Япония и Испания, существенное его количество производится в Аргентине, Марокко, Ирландии, Португалии. В России агар получают из некоторых видов водорослей, в основном из красной водоросли *анфельция* (*Ahnfelia plicata*), произрастающей в Белом и дальневосточных морях. Стандартная цена пищевого агара составляет 13\$ за кг, бактериологического агара — 25\$ за кг, цена агарозы достигает 500\$ за кг и выше.

По качеству агар подразделяется на два сорта: высший — цвет белый или светло-желтый, допускается слегка сероватый оттенок; первый — цвет от желтого до темно-желтого.

Агар производится в виде бесцветных или желтоватых шнуров, пластинок, брусков, порошка.

Применение. Первым, кто использовал агар-агар как питательную среду для выращивания бактерий и написал об этом в 1884 году, был немецкий микробиолог Вальтер Хессе. Эта идея была подана ему его женой, госпожой Фанни Ангелиной Хессе, которая использовала агар-агар для изготовления фруктового желе, обученная этому иммигрировавшим с Явы соседом-голландцем.

Агар нашел свое применение как гелеобразователь, загуститель, стабилизатор, влагоудерживающий агент, плёнкообразователь, осветлитель, средство для капсулирования. Способность агара к образованию устойчивого геля используют в пищевой, текстильной и фармацевтической промышленности.

В микробиологии его применяют для приготовления питательных сред. Для получения плотных питательных сред агар добавляют в конечной концентрации от 1,5 до 3%, полужидких — 0,3–0,7% (вес / объём). Агар не расщепляется большинством микроорганизмов при культивировании, не ингибирует рост микроорганизмов и не изменяет питательную ценность сред. Для иммунологических и бактериологических целей необходимо использовать вымороженный осветлённый агар. Кроме того, агаровый гель применяют для электрофореза, иммуноэлектрофореза и иммунодиффузии.

В медицине агар используют в качестве слабительного: в более высокой дозировке, чем в пищевой промышленности, так как он не переваривается.

В пищевой промышленности агар применяют для производства кондитерских изделий (мармелад, зефир, жевательные конфеты, пастила, начинки, суфле, желе), диетических продуктов (джем, конфитюр), при изготовлении мороженого, где он предотвращает образование кристалликов льда, при осветлении соков, а также при получении мясных и рыбных студней. Студни, приготовленные на основе агар-агара, в отличие от всех других студнеобразователей, характеризуются стекловидным изломом.

Агар — продукт вегетарианский, в нем нет калорий. Он помогает поухудеть, поскольку абсолютно не усваивается, разбухает в кишечнике и создает ощущение сытости. И к тому же он выводит из организма токсины и шлаки, удаляет вредные вещества из печени, улучшая ее работу.

Черноморский агар (агароид) получают из водоросли *филлофлоры*, произрастающей в Черном море. Как и агар, агароид в холодной воде плохо растворим, а в горячей образует коллоидный раствор, при охлаждении которого образуется студень затяжистой консистенции. Студнеобразующая способность агароида в 2–3 раза ниже, чем у агара, поэтому студни, полученные с применением агароида, не имеют стекловидного излома, характерного для агара. Температура застудневания у студней на агароиде значительно выше, чем у студня, приготовленного с применением агара. В пищевой промышленности агароид находит аналогичное агару применение.

Фукоидан. Для всех бурых водорослей характерно образование сульфатированных полисахаридов — *фукоиданов*, которые предохраняют их от обсыхания (особенно в период отливов) и исполняют роль регуляторов водно-солевого обмена. В составе фукоидана обнаружены фукоза, ксилоза, манноза, галактоза и глюкуроновая кислота [12–14].

Впервые фукоиданы были обнаружены немецким химиком Бернхардом Толленсом в 1890 году, а выделены из бурых водорослей в 1913 году. Содержание фукоиданов у ламинариевых и фукусовых водорослей может достигать 25–30% от сухого веса водоросли и зависит, в основном, от вида, а также от сезона или стадии развития водоросли, места сбора и других факторов.

Применение. Фукоиданы бурых водорослей с успехом применяются в фармацевтической промышленности и медицине. В литературе имеются сообщения об их противоопухолевых, иммуномодулирующих, антибактериальных,

антивирусных, противовоспалительных и других свойствах. По этой причине фукоиданы можно отнести к «поливалентным биомодуляторам» [7; 21].

Особый интерес вызывает антикоагулянтное действие фукоиданов, обусловленное двумя механизмами: один реализуется посредством прямого ингибирования активности факторов свертывания крови, второй основан на гепариноподобном ингибировании свертывающих факторов посредством активации специфического эндогенного ингибитора – антитромбина-III (АТ-III) [8; 23].

Применение фукоиданов способствует снижению содержания холестерина в крови. Благодаря способности связывать металлы, в частности, свинец, они могут быть использованы для уменьшения всасывания свинца в кишечнике и предотвращения отравления им. Перспективным направлением использования фукоиданов является получение на их основе противоопухолевых и антивирусных препаратов [9; 20].

Большинство исследований, проводимых на фукоиданах, было сфокусировано на их способности к регенерации клеток. Они поддерживают мобилизацию стволовых клеток, что делает возможным регенерацию тканей и органов. Было показано, что фукоидан заставляет самоуничтожаться раковые клетки (вызывает их апоптоз). Причем это касается не только самой опухоли, но и метастаз, распространившихся по организму.

Кроме того, фукоидан помогает замедлить процесс старения, способствует кровообращению и работе сердца, то есть поддерживает кровеносную систему.

В заключение хотелось бы отметить, что морские водоросли с древних времен привлекали внимание человека. Так, в летописях разных народов о них сохранились многочисленные сказания, их использовали не только как пищевой продукт, но и как эффективное средство для профилактики и лечения многих заболеваний. В Китае и Японии водоросли использовались населением уже в VIII в., а спустя четыре столетия их широко стали применять в приморских районах Франции, Ирландии, Шотландии, Норвегии и других стран Европы. В суровых условиях крайнего Севера русские поморы использовали водоросли для лечения различных заболеваний, а также как практически единственный источник витаминов. Монахи Соловецкого монастыря уже в XIX веке организовали небольшое производство йода, брома и соды из морских водорослей.

Сейчас вновь отмечается все более широкое использование продуктов, получаемых из водорослей в различных областях народного хозяйства и, что особенно отрадно, в фармакологии и медицине. И это направление является одной из приоритетных задач, в том числе и в биотехнологии.

В России уже широко известны препараты на основе концентрата ламинарии, такие как КЛАМИН, АЛЬГИКЛАМ, БЕТАЛАМ, КЛАМАЛИН и др. В последние годы с успехом используются препараты на основе альгиновой кислоты: АЛЬГИНАТ НАТРИЯ, АЛЬГИНАТ КАЛЬЦИЯ, АЛЬГИНАТ МАГНИЙ, КАНАЛЬГАТ (биогель) и другие. Хирурги широко используют для лечения ран, ожогов, трофических язв, пролежней АЛЬГИПОР и АЛЬГИ-МАФ — саморассасывающиеся ранозаживляющие повязки, тоже изготовленные на основе альгиновой кислоты. Есть и хорошие иммуностимулирующие

средства: СУПОЛАН, ДОПОЛАН, ФИТОЛОН, ЭЛАМ-А, ЭЛАМ-М на основе МПХ (медные производные хлорофилла). Препараты из морских водорослей и морепродукты являются практически единственными поставщиками органического йода в организм человека.

В пищевой промышленности широко используются и разнообразные пищевые добавки: альгиновая кислота (Е400), альгинат натрия (Е401), альгинат калия (Е402) и альгинат аммония (Е403), используемые в качестве загустителя и стабилизатора; альгинат кальция (Е404) — загуститель, стабилизатор и пеногаситель; пропиленгликольальгинат (Е405) — загуститель и эмульгатор; агар (Е406) — загуститель, желеобразующий агент и стабилизатор; каррагинан и его натриевая, калиевая, аммонийная соли, включая фуцеллеран (Е407) — загуститель, желеобразующий агент и стабилизатор.

Все это свидетельствует о том, что водоросли являются уникальным природным сырьем для производства лекарственных препаратов и БАД.

Литература

1. Богданова В.Д. Структурообразователи и рыбные композиции / В.Д. Богданова, Т.М. Сафронова. — М.: ВНИРО, 1993. — 24 с.
2. Гудвилович И.Н. Влияние условия культивирования на рост и содержание фикобилипротеинов красной водоросли *Porphyridium purpureum* / И.Н. Гудвилович // Экология моря. — 2010. — Спец. вып. 81. — С. 28–36.
3. Дьяков Ю.Т. Ботаника: курс альгологии и микологии / Ю.Т. Дьяков. — М.: МГУ, 2007. — 559 с.
4. Евдокимов И.А. Использование растворов альгината натрия в технологии молочных десертов / И.А. Евдокимов, Л.Р. Алиева, Ж.В. Бучахчан // Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — 2010. — № 6. — С. 48–62.
5. Заварзин Г.А. Становление биосферы / Г.А. Заварзин // Вестник РАН. — 2001. — Т. 71. — № 11. — С. 988–1001.
6. Зитте П. Ботаника: в 4-х тт. / П. Зитте, Э.В. Вайлер, Й.В. Кадерайт, А. Брезински, К. Кернер. На основе учебника Э. Страсбургера и др.: пер. с нем. — Т. 3: Эволюция и систематика. — М.: Академия, 2007. — 576 с.
7. Кузнецова Т.А. Биологическая активность фукоиданов из бурых водорослей и перспективы их применения в медицине / Т.А. Кузнецова, Н.М. Шевченко, Т.Н. Звягинцева, Н.Н. Беседнова // Антибиотики и химиотерапия. — 2004. — Т. 49. — № 5. — С. 24–30.
8. Кузнецова Т.А. Иммуностимулирующая и антикоагулянтная активность фукоидана из бурой водоросли Охотского моря *Fucus evanescens* / Т.А. Кузнецова, Т.С. Запорожец, Н.Н. Беседнова и др. // Антибиотики и химиотерапия. — 2003. — Т. 48. — № 4. — С. 11–13.
9. Кузнецова Т.А. Применение фукоидана из бурой водоросли *Fucus evanescens* для коррекции иммунных нарушений при эндотоксинемии / Т.А. Кузнецова, Л.М. Сомова, Н.Г. Плехова, Т.Н. Звягинцева // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2009. — № 3. — С. 72–75.
10. Лось Д.А. Сенсорные системы цианобактерий / Д.А. Лось. — М.: Научный мир, 2010. — 218 с.
11. Прянишников В.В. Инновационные технологии производства консервов из мяса птицы / В.В. Прянишников // Птица и птицепродукты. — 2010. — № 5. — С. 21–22.
12. Серов А.В. Обоснование функциональных свойств фукозы, как пищевой добавки / А.В. Серов, Е.В. Денисова // Сборник научных трудов. Серия «Продовольствие». — Вып. 3. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2000. — С. 43–45.

13. Урванцева А.М. Выделение очищенного фукоидана из природного комплекса с полифенолами и его характеристика / А.М. Урванцева, И.Ю. Бакунина, Н.Ю. Ким, В.В. Исаков, В.П. Глазунов, Т.Н. Звягинцева // Химия растительного сырья. – 2004. – № 3. – С. 15–24.
14. Усов А.И. Полисахариды водорослей. Бурая водоросль *Laminaria saccharina* как источник фукоидана / А.И. Усов, Г.П. Смирнова, М.И. Билан, А.С. Шашков // Биоорганическая химия. – 1998. – Т. 24. – № 6. – С. 437–445.
15. Усов А.И. Полисахариды водорослей. Изучение агара из красной водоросли *Gelidiella acerosa* / А.И. Усов, Е.Г. Иванова // Биоорганическая химия. – 1992. – Т. 18. – № 8. – С. 1108–1116.
16. Усов А.И. Полисахариды водорослей. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки / А.И. Усов, Г.П. Смирнов, Н.Г. Клочкова // Биоорганическая химия. – 2001. – Т. 27. – № 6. – С. 444–448.
17. Усов А.И. Полисахариды водорослей. Углеводный состав бурой водоросли *Chorda filum* / А.И. Усов, А.О. Чижов // Биоорганическая химия. – 1989. – Т. 15. – № 2. – С. 208–216.
18. Усов А.И. Проблемы и достижения в структурном анализе сульфатированных полисахаридов красных водорослей / А.И. Усов // Химия растительного сырья. – 2001. – № 2. – С. 7–20.
19. Шипулин В.И. Исследование функционально-технологических свойств каррагинана для его использования в композиции с мясным сырьем с низким pH / В.И. Шипулин, Н.Д. Лупандина, А.И. Радченко, О.И. Бутенко // Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». – 2005. – № 1. – С. 105–119.
20. Adhikari U. Structure and antiviral activity of sulfated fucans from *Stoechospermum marginatum* / U. Adhikari, C.G. Mateu, K. Chattopadhyay, C.A. Pujol et al. // Phytochemistry. – 2006. – V. 67. – P. 2474–2482.
21. Berteau O. Sulfated fucans, fresh perspectives: structures, functions and biological properties of sulfated fucans and an overview of enzymes active towards this class of polysaccharide / O. Berteau, B. Mulloy // Glycobiology. – 2003. – V. 13. – № 6. – P. 29R–40R.
22. Franz G. Novel pharmaceutical applications of polysaccharides / G. Franz, S. Alban, J. Kraus // Macromol. Symp. – 1995. – V. 99. – P. 187–194.
23. Zaporozhets T.S. Immunotropic and anticoagulant activity of fucoidan from brown seaweed *Fucus evanescens*: prospects of application in medicine / T.S. Zaporozhets, T.A. Kuznetsova, T.P. Smolina, N.M. Shevchenko, et al. // J. Microbiol. – 2006. – P. 54–58.

Literatura

1. Bogdanova V.D. Strukturoobrazovateli i ry'bny'e kompozicii / V.D. Bogdanova, T.M. Safronova. – M.: VNIRO, 1993. – 24 s.
2. Gudvilovich I.N. Vliyanie usloviya kul'tivirovaniya na rost i sodержanie fikobiliproteinov krasnoj vodorosli *Porphyridium purpureum* / I.N. Gudvilovich // E'kologiya morya. – 2010. – Specz. vy'p. 81. – S. 28–36.
3. D'yakov Yu.T. Botanika: kurs al'gologii i mikologii / Yu.T. D'yakov. – M.: MGU, 2007. – 559 s.
4. Evdokimov I.A. Ispol'zovanie rastvorov al'ginata natriya v tekhnologii molochny'x desertov / I.A. Evdokimov, L.R. Alieva, Zh.V. Buchaxchyan // Sbornik nauchny'x trudov SevKAVGTU. Seriya «Prodovol'stvie». – 2010. – № 6. – S. 48–62.
5. Zavarzin G.A. Stanovlenie biosfery' / G.A. Zavarzin // Vestnik RAN. – 2001. – T. 71. – № 11. – S. 988–1001.

6. Zitte P. Botanika: v 4-x tt. / P. Zitte, E.V. Vajler, J.V. Kaderajt, A. Brezinski, K. Kerner. Na osnove uchebnika E. Strasburgera i dr.: per. s nem. – T. 3: E'volyuciya i sistematika. – M.: Akademiya, 2007. – 576 s.
7. Kuznecova T.A. Biologicheskaya aktivnost' fukoidanov iz bury'x vodoroslej i perspektivy' ix primeneniya v medicine / T.A. Kuznecova, N.M. Shevchenko, T.N. Zvyaginceva, N.N. Besednova // Antibiotiki i ximioterapiya . – 2004. – T. 49. – № 5. – S. 24–30.
8. Kuznecova T.A. Immunostimuliruyushhaya i antikoagulyantnaya aktivnost' fukoidana iz buroj vodorosli Oxotskogo morya *Fucus evanescens* / T.A. Kuznecova, T.S. Zaporozhecz, N.N. Besednova i dr. // Antibiotiki i ximioterapiya. – 2003. – T. 48. – № 4. – S. 11–13.
9. Kuznecova T.A. Primenenie fukoidana iz buroj vodorosli *Fucus evanescens* dlya korekcii immunny'x narushenij pri e'ndotoksinemii / T.A. Kuznecova, L.M. Somova, N.G. Plexova, T.N. Zvyaginceva // Tixookeanskij medicinskij zhurnal. – 2009. – № 3. – S. 72–75.
10. Los' D.A. Sensorny'e sistemy' cianobakterii / D.A. Los'. – M.: Nauchny'j mir, 2010. – 218 s.
11. Pryanishnikov V.V. Innovacionny'e texnologii proizvodstva konservov iz myasa pticzy' / V.V. Pryanishnikov // Ptica i pticeprodukty'. – 2010. – № 5. – S. 21–22.
12. Serov A.V. Obosnovanie funkcional'ny'x svojstv fukozy', kak pishhevoj dobavki / A.V. Serov, E.V. Denisova // Sbornik nauchny'x trudov. Seriya «Prodovol'stvie». – Vy'p. 3. – Stavropol': SevKavGTU, 2000. – S. 43–45.
13. Urvanceva A.M. Vy'delenie ochishhennogo fukoidana iz prirodnogo kompleksa s polifenolami i ego xarakteristika / A.M. Urvanceva, I.Yu. Bakunina, N.Yu. Kim, V.V. Isakov, V.P. Glazunov, T.N. Zvyaginceva // Ximiya rastitel'nogo syr'ya. – 2004. – № 3. – S. 15–24.
14. Usov A.I. Polisaxaridy' vodoroslej. Buraya vodorosl' *Laminaria saccharina* kak istochnik fukoidana / A.I. Usov, G.P. Smirnova, M.I. Bilan, A.S. Shashkov // Bioorganicheskaya ximiya. – 1998. – T. 24. – № 6. – S. 437–445.
15. Usov A.I. Polisaxaridy' vodoroslej. Izuchenie agara iz krasnoj vodorosli *Gelidiella acerosa* / A.I. Usov, E.G. Ivanova // Bioorganicheskaya ximiya. – 1992. – T. 18. – № 8. – S. 1108–1116.
16. Usov A.I. Polisaxaridy' vodoroslej. Polisaxaridny'j sostav nekotory'x bury'x vodoroslej Kamchatki / A.I. Usov, G.P. Smirnov, N.G. Klochkova // Bioorganicheskaya ximiya. – 2001. – T. 27. – № 6. – S. 444–448.
17. Usov A.I. Polisaxaridy' vodoroslej. Uglevodny'j sostav buroj vodorosli *Shorda filum* / A.I. Usov, A.O. Chizhov // Bioorganicheskaya ximiya. – 1989. – T. 15. – № 2. – C. 208–216.
18. Usov A.I. Problemy' i dostizheniya v strukturnom analize sul'fatirovanny'x polisaxaridov krasny'x vodoroslej / A.I. Usov // Ximiya rastitel'nogo syr'ya. – 2001. – № 2. – S. 7–20.
19. Shipulin V.I. Issledovanie funkcional'no-tehnologicheskix svojstv karraginanov dlya ego ispol'zovaniya v kompozicii s myasny'm syr'jom s nizkim pN / V.I. Shipulin, N.D. Lupandina, A.I. Radchenko, O.I. Butenko // Sbornik nauchny'x trudov SevKavGTU. Seriya «Prodovol'stvie». – 2005. – № 1. – S. 105–119.
20. Adhikari U. Structure and antiviral activity of sulfated fucans from *Stoechospermum marginatum* / U. Adhikari, C.G. Mateu, K. Chattopadhyay, C.A. Pujol et al. // Phytochemistry. – 2006. – V. 67. – P. 2474–2482.
21. Berteau O. Sulfated fucans, fresh perspectives: structures, functions and biological properties of sulfated fucans and an overview of enzymes active towards this class of polysaccharide / O. Berteau, B. Mulloy // Glycobiology. – 2003. – V. 13. – № 6. – P. 29R–40R.
22. Franz G. Novel pharmaceutical applications of polysaccharides / G. Franz, S. Alban, J. Kraus // Macromol. Symp. – 1995. – V. 99. – P. 187–194.

23. Zaporozhets T.S. Immunotropic and anticoagulant activity of fucoidan from brown seaweed *Fucus evanescens*: prospects of application in medicine / T.S. Zaporozhets, T.A. Kuznetsova, T.P. Smolina, N.M. Shevchenko, et al. // J. Microbiol. – 2006. – P. 54–58.

L.V. Nazarenko,

N.V. Zagoskina

Algae and Industrial Application Products Made of Them

Brown and red algae are rich in a variety of biologically active substances. Polysaccharides of algae are possessing multifunctional effects on the human body. Currently this trend is a priority in different spheres, including in biotechnology.

Key-words: algae; alginic acid; alginates; carrageenans; agar; fucoidan.

О.В. Шульгина

Географические особенности изменения численности населения России на рубеже XX–XXI веков

В статье рассмотрена динамика численности населения российских регионов за прошедшее двадцатилетие. Представлен географический анализ тенденций и особенностей изменения численности населения в контексте социально-экономического развития страны. Выявлены типы динамики, свойственные отдельным регионам. Результаты исследования проиллюстрированы авторскими картами и графиками.

Ключевые слова: численность населения; всероссийская перепись населения; динамика численности населения; типы динамики; географические особенности; региональные закономерности; факторы изменения.

Изучение региональных закономерностей изменения численности населения является одной из ключевых проблем социально-экономической географии, а точнее её важнейшей отрасли — географии населения. В условиях повышения внимания к социально-гуманитарным аспектам географической науки, гуманитаризации естественнонаучного образования, проблемы, связанные с размещением населения по территории страны, изменения его численности, заселенности российских регионов приобретают всё больший интерес. Перечисленные проблемы особенно актуальны как в научном, так и в практическом плане, в связи с первыми публикациями итогов Всероссийской переписи населения, прошедшей в 2010 году и пока не ставшей объектом пристального географического исследования.

Целью данной публикации является географический анализ динамики численности населения России с выявлением тенденций и закономерностей изменения количества жителей отдельных регионов за два межпереписных периода: с 1989 по 2002 год и с 2002 по 2010 год. Исследование охватывает двадцатилетний период жизни нашей страны на рубеже XX и XXI веков. За это время Россия пережила целый ряд сложных социально-экономических и политических потрясений: распад СССР и разрушение единого экономического пространства, становление президентской республики и формирование новой геополитической стратегии, экономические кризисы, структурную перестройку экономики и переход к постиндустриальному развитию, начало процесса преобразования административно-территориального устройства. Перечисленные события наложили отпечаток на ход демографических процессов: снижение рождаемости и повышение смертности населения, значительный приток мигрантов из-за пределов России, изменение направления миграционных потоков внутри страны. Это послужило существенным

фактором негативных изменений численности и состава населения множества регионов.

Что касается показателей рождаемости и смертности, то тенденции их ухудшения прогнозировались демографами ещё в 1960-е годы, но социально-экономические потрясения рассматриваемого периода усложнили ситуацию. Это стало причиной пристального внимания государства к демографической политике и принятия экономических мер для повышения рождаемости, совершенствования здравоохранения и социальной поддержки пожилого населения.

Как все это отразилось в показателях изменения численности населения за два анализируемых межпереписных периода нам и предстоит рассмотреть. Материалами для данного анализа послужили официальные статистические данные Госкомстата России по всем субъектам федерации за 1989, 2002 и 2010 годы. На основе этих данных были построены графики наиболее характерной динамики и картосхемы, отражающие региональные закономерности изменения численности населения российских регионов за весь двадцатилетний период, а также за период с 1989 по 2002 год и за период с 2002 по 2010 год.

Прежде всего, отметим, что общей тенденцией изменения численности населения России с 1989 по 2010 гг. было его снижение: со 147,0 млн. до 142,9 млн. человек, что показано на рисунке 1.

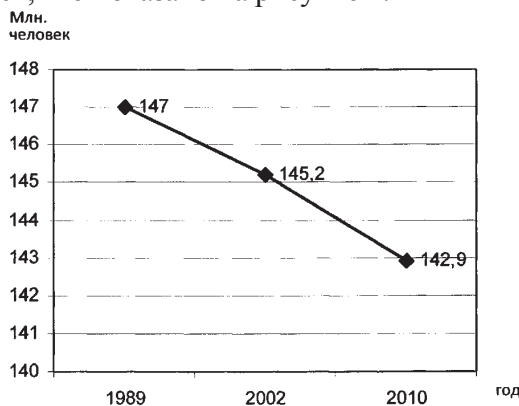


Рис. 1. Изменение численности населения России с 1989 по 2010 год (составлено автором по данным Всероссийских переписей населения 1989 и 2010 гг., опубликованным на официальном сайте Госкомстата РФ — <http://www.gks.ru>)

Динамика численности населения по субъектам Российской Федерации за этот период в большинстве регионов повторяет общероссийскую тенденцию. Такой тип динамики был характерен для 61 субъекта Федерации из 83-х. Однако проявление этой тенденции было различным: от «плавного», постепенного снижения численности населения (как во многих регионах Центрального федерального округа) до резкого его падения (как в ряде северных и северо-восточных регионах). Примеры данного процесса представлены на рисунке 2.

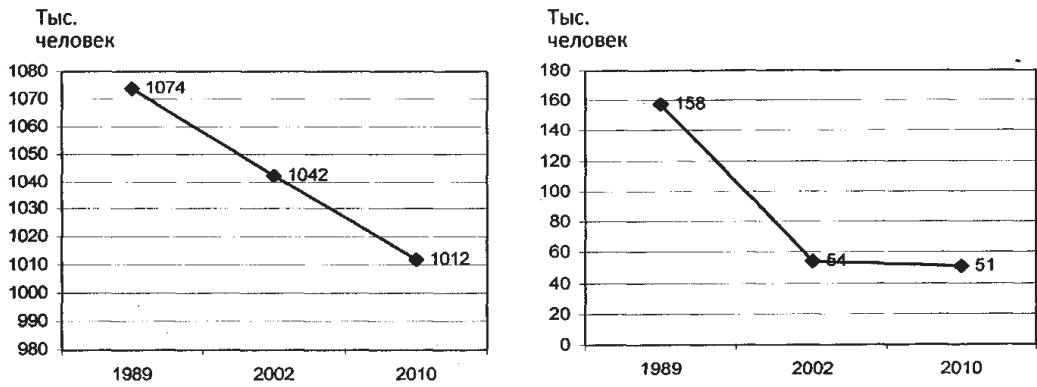


Рис. 2. Изменение численности населения с 1989 по 2010 год в Калужской области (слева) и в Чукотском автономном округе (справа) (составлено автором по данным Всероссийских переписей населения 1989 и 2010 гг., опубликованным на официальном сайте Госкомстата РФ — <http://www.gks.ru>)

Общее снижение численности населения за прошедшие 20 лет в Ненецком автономном округе осуществлялось по более сложной траектории, в которой до 2002 года зафиксировано падение численности жителей, а к 2010 году — некоторое его увеличение (рис. 3).

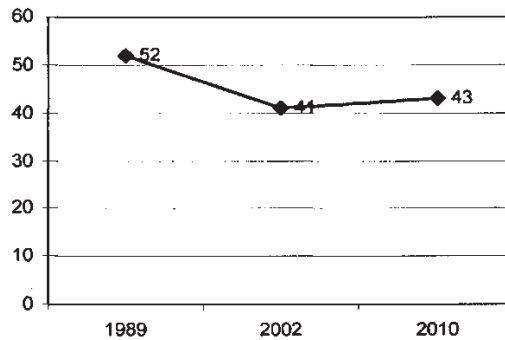


Рис. 3. Изменение численности населения с 1989 по 2010 год в Ненецком автономном округе (составлено автором по данным Всероссийских переписей населения 1989 и 2010 гг., опубликованным на официальном сайте Госкомстата РФ — <http://www.gks.ru>)

Увеличение численности населения за рассматриваемый период отмечено в 22-х субъектах Федерации: пример положительной динамики численности населения показан на рисунке 4.

Картосхема на рисунке 5 представляет региональные особенности изменения численности населения по всем субъектам Российской Федерации. Окрашены регионы, в которых за период с 1989 по 2010 г. отмечалось снижение численности населения (чем больше это снижение, тем темнее тон). Белым цветом показаны регионы, увеличившие свою численность. В их число вошла и Москва.

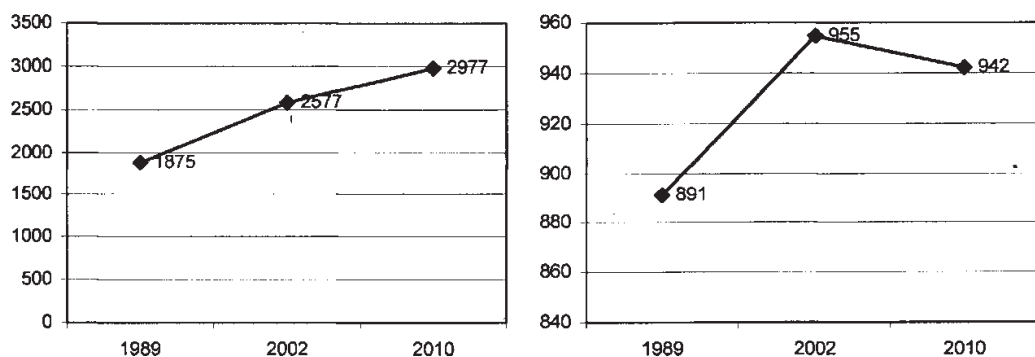


Рис. 4. Изменение численности населения с 1989 по 2010 год в Республике Дагестан (слева) и в Калининградской области (справа) (составлено автором по данным Всероссийских переписей населения 1989 и 2010 гг., опубликованным на официальном сайте Госкомстата РФ — <http://www.gks.ru>)

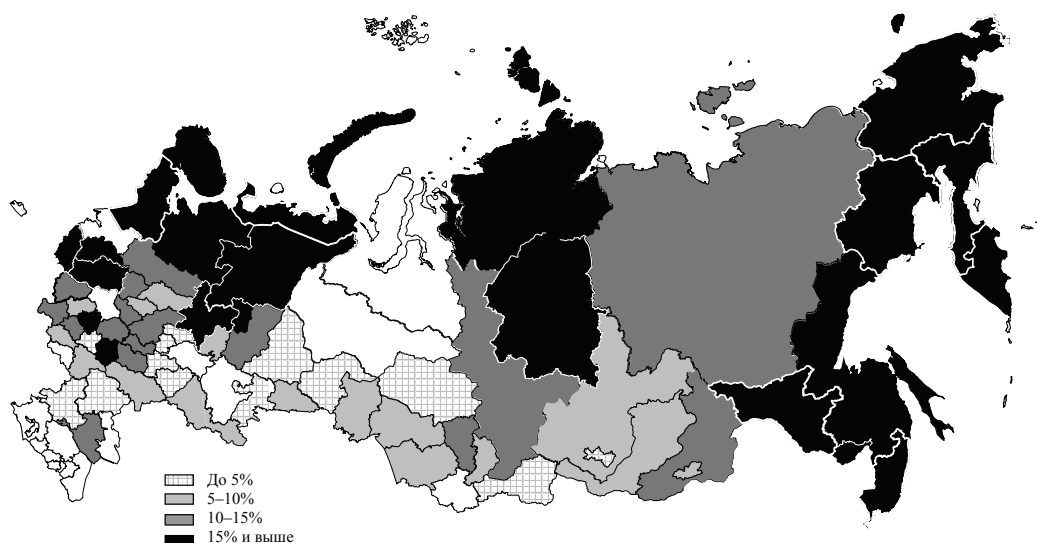


Рис. 5. Снижение численности населения по регионам России за межпереписной период: 1989–2010 гг. (составлено автором по материалам Всероссийских переписей населения 1989 и 2010 гг.).

Отчетливо выделяются высокими показателями снижения численности населения Европейский Север, Северо-Сибирский и Дальневосточный регионы. Это те территории, которые в советский период считались регионами пионерного освоения и которые «притягивали» трудовые ресурсы и высокими северными надбавками, и романтикой комсомольско-молодежныхстроек. В условиях рыночной экономики, когда государственная поддержка этих регионов заметно ослабела, северные надбавки стали не столь значительными, а реструктуризация предприятий запаздывала или приводила к сокращению рабочих мест, из этих регионов начался интенсивный отток населения. В числе лидеров по снижению численности населения за рассматриваемый период оказались: Чукотский автономный округ, в котором численность жителей сократилась на 69%, Магаданская об-

ласть — на 59%, Камчатский край — на 34%, в том числе, Корякский автономный округ — на 60%, Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономный округ — на 35%, Эвенкийский автономный округ — на 34%, Мурманская область — на 33%, Сахалинская область — на 31%, Республика Коми — на 29%.

В число регионов, потерявших за этот период от 16 до 20% населения, как видно по картосхеме (рис. 5) попали и некоторые старопромышленные области Центральной России, например, Тульская область, в которой отток населения из-за кризисного спада производства предприятий военно-промышленного комплекса и закрытия угольных шахт Подмосковского бассейна сочетался с падением рождаемости. В эту же группу попали Псковская, Новгородская, Тверская и Тамбовская области — по аналогичным причинам, но с региональной спецификой. Кроме того, в этих регионах со сравнительно деформированной возрастной структурой, отличающейся значительной долей пожилого населения, были характерными повышенные показатели смертности. Особенно высокая смертность фиксировалась переписью 2002 г. в Псковской области (максимальный показатель по России в расчете на 1 000 жителей).

На общем темном фоне представленной карты белые пространства занимают регионы, в которых фиксировалось увеличение численности населения. Лидировали здесь регионы Северо-Кавказского федерального округа с традиционно-высоким уровнем рождаемости, среди которых выделяются Республика Дагестан (прирост с 1989 по 2010 г. составил 52%), Республика Ингушетия (45%). В Центральном федеральном округе численность населения выросла в трёх субъектах Федерации: в городе Москве — на 26% (составив по данным последней переписи 11,5 млн. человек), в Белгородской области — на 9% и в Московской области — на 6%, что связано с превышением миграционного прироста над естественной убылью. Этими же причинами обусловлено повышение численности населения Калининградской и Ленинградской областей Северо-Западного федерального округа (соответственно, на 6 и 2%). В Уральском федеральном округе численность населения возросла в ресурсных нефтегазовых регионах: Ханты-Мансийском (на 19%), Ямало-Ненецком (на 7%) автономных округах и в Тюменской области (на 7%) — в основном за счет притока трудовых мигрантов. Увеличение численности населения в южно-сибирских регионах — в Республике Алтай (на 6%) обусловлено естественным и миграционным приростом; в Республике Тыва (на 2%) — естественным приростом, превышающим отток населения.

Интересно сравнить региональные особенности динамики численности населения за период с 1989 по 2002 год, и с 2002 по 2010 год. На первый из них пришлись наиболее острые социально-экономические события и демографические потрясения, в том числе впервые отмеченное в демографической истории России превышение смертности над рождаемостью (1992 г.). Во второй период, с 2002 по 2010 год, несмотря на кризисные явления в экономике, наметились определенные положительные демографические тенденции. Как это отразилось на показателях динамики численности населения, показано на двух следующих картосхемах (рис. 6).

Сравнение рисунков 6А и 6Б показывает, что с 1989 по 2002 год шло более интенсивное перераспределение населения по регионам России, что обусловле-

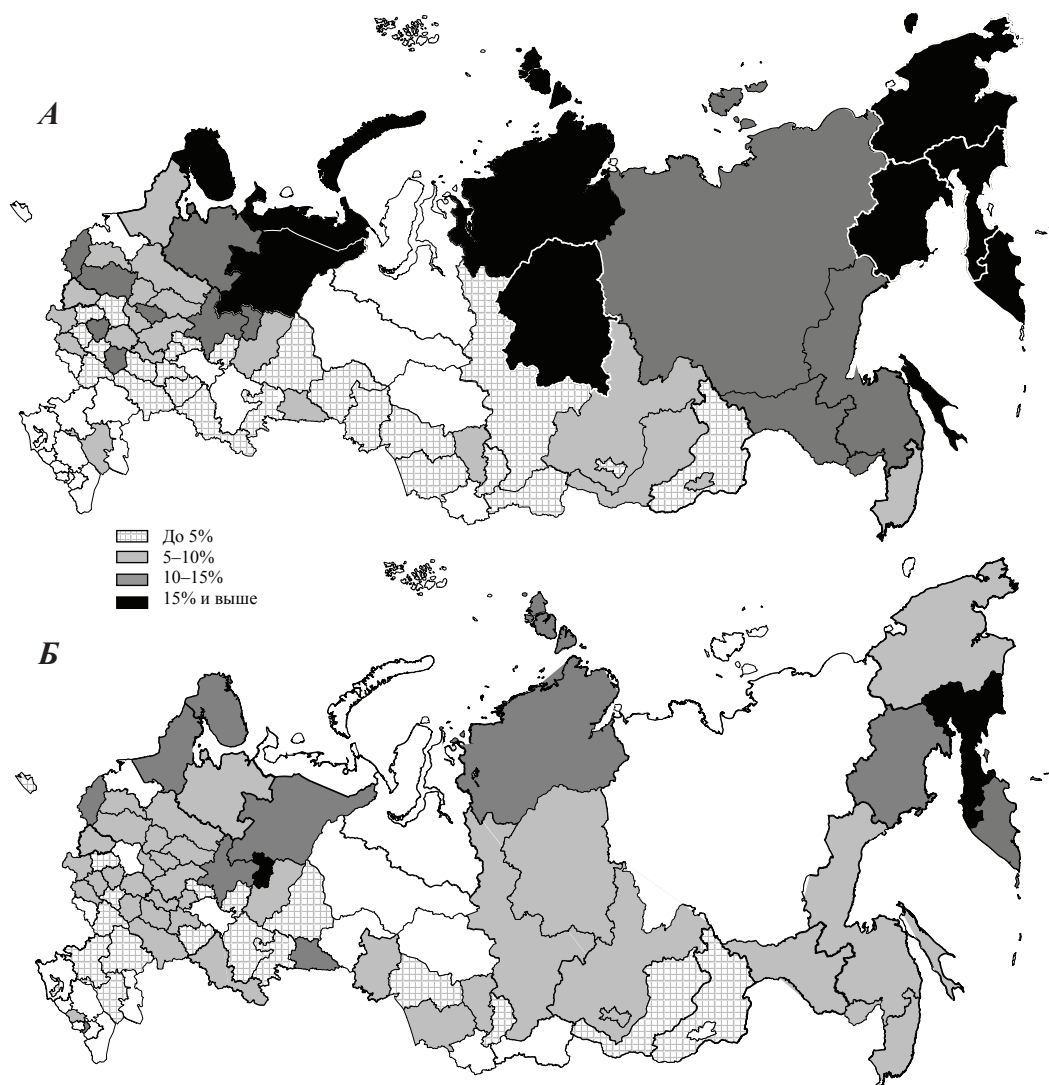


Рис. 6. Снижение численности населения по регионам России за межпереписной период: А — 1989–2002 гг.; Б — 2002–2010 гг. (составлено автором по материалам всероссийских переписей населения 1989, 2002, 2010 гг.).

но и структурной перестройкой экономики страны, и оживлением миграционной подвижности населения, и демографическим кризисом. Темных «пятен», свидетельствующих о снижении численности населения в регионах страны на рисунке 6А больше, чем на рисунке 6Б. Более того, ряд регионов, в которых отмечалась негативная тенденция снижения населения в первом из рассматриваемых периодов, в следующий период перешли в группу регионов с растущим населением: Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Московская область. Некоторые регионы из разряда активно теряющих население перешли в группу со сравнительно умеренным снижением численности. Произошло это отчасти из-за того, что ресурсы населения были значительно исчерпаны в предыдущий период (уехали в основном все, кто мог), отчасти из-за оживления экономической деятельности.

Подводя итог географическому анализу динамики численности населения России с 1989 по 2010 год, можно сделать следующие выводы:

1. В большинстве субъектов Российской Федерации на рубеже XX–XXI веков численность населения снизилась, что привело общему снижению численности населения страны. Эти негативные изменения наиболее интенсивно осуществлялись в период с 1989 по 2002 год.

2. Главными факторами изменения численности населения стали нарастающие демографические проблемы, обусловленные как закономерным ходом демографических процессов, так и кризисными явлениями в экономике страны, её структурной перестройкой. В рассматриваемый период большое значение в изменении численности населения регионов имели миграции.

3. За прошедшие 20 лет произошло не только снижение численности населения России, но и перераспределение населения по территории страны. При том, что около 50% населения проживает в Центральном и Приволжском федеральных округах, шел процесс концентрации населения в Центральном, Северо-Кавказском, Южном округах, увеличивших число жителей. Одновременно снижалась численность населения в Дальневосточном, Сибирском, Приволжском, Северо-Западном федеральных округах.

4. В ряде регионов негативные тенденции динамики численности населения, отмеченные с 1989 по 2002 год, за межпереписной период с 2002 по 2010 год сменились на противоположные, что позволяет более оптимистично рассматривать демографические перспективы страны.

Литература

1. Вишневский А.Г. Демографические изменения и экономика / А.Г. Вишневский, С.А. Васин, М.Б. Денисенко // Демоскоп Weekly. – 2010. – № 429–430. – Интернет-издание: <http://demoscope.ru/weekly/2010/0429/tema01>. Дата обращения: 15.04.2011 г.

2. Федеральная служба государственной статистики. Официальный сайт — <http://www.gks.ru>. Дата обращения: 15–16.04.2011 г.

Literatura

1. *Vishnevskij A.G. Demograficheskie izmeneniya i e'konomika / A.G. Vishnevskij, S.A. Vasin, M.B. Denisenko // Demoskop Weekly. – 2010. – № 429–430. — Internet-izdanie: <http://demoscope.ru/weekly/2010/0429/tema01>. Data obrasheniya: 15.04.2011 g.*

2. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Oficial'nyj sajt. — <http://www.gks.ru>. Data obrashheniya: 15–16.04.2011 g.*

O.V. Shul'gina

Geographic Particularities of Changes in Population Size in Russia on the Brink of the XXth–XXIst Centuries

The paper observes dynamics of population size in Russian regions throughout the last twenty years. Geographic analysis of tendencies and distinctive change-traits of population size in the context of socio-economic development of the country is presented. Dynamic types intrinsic to certain regions are educed. The results of the research are illustrated with maps and charts compiled by the author.

Key-words: population size; Russian Census; population size dynamics; types of dynamics; geographic particularities; regional regularities; factors of change.

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В СИСТЕМЕ МЕЖНАУЧНЫХ СВЯЗЕЙ

Т.С. Воронова

Историко-географический обзор национального состава Москвы в XV–XX вв.

Москва как любой крупный город издавна являлся местом концентрации большого количества населения. Здесь проживали не только русские, но и представители других народностей и национальностей. Москва по праву считается многонациональным городом. В представленной статье рассматривается динамика национального состава населения Москвы, его пространственно-временная дифференциация в период с XV по XX век.

Ключевые слова: город, национальность, национальный состав населения, перепись населения, всероссийская перепись населения.

Выгодное географическое положение Москвы, развивающиеся экономические связи с окружающими регионами способствовали тому, что уже с конца XI – начала XII веков население Москвы формировалось не только из потомков близлежащих славянских племен кривичей и вятичей, но из пришлого торгового и ремесленного населения из Волжской Булгарии, Кавказа, Херсонеса, Средней Азии, Армении, о чем говорят археологические данные.

В XIV веке город становится основой объединения русских земель в единое государство, ведущее борьбу за национальную независимость. После Золотой Орды на службу к русским князьям и к царю перешла некоторая часть татар (тюрков). Многие из них принимали православие и даже становились родоначальниками родов, сыгравших заметную роль в истории Российского государства. Поэтому уже с самых ранних периодов можно говорить о формировании многонационального состава Москвы. В XVI веке в состав Российского государства вошли территории, на которых проживали представители разных национальностей — народы Севера (карелы, коми, ханты, манси и другие) и Среднего Поволжья, и через некоторое время многие их представители уже входили в состав населения Москвы.

В XVII веке население города стало еще более многонациональным, что являлось отражением развитых политических, экономических и культурных связей русского народа с другими народами, как входивших в состав Русского государства, так и не входивших в него, но с которыми сложились и развивались различные контакты.

Если говорить конкретно о национальностях, то в составе населения Москвы были довольно широко представлены литовцы, поляки, татары, грузины, армяне, немцы и многие другие. Так, литовцы и поляки появились в Москве в составе

дружин литовских князей, один из которых — Патрикий Александрович — даже породнился с Великими князьями Василием II и Иваном III. К XVI веку литовцы образовали Литовский двор, и в середине XVII века в Москве уже было семь иноземных дворов.

Грузины стали селиться в Москве уже при князе Андрее Боголюбском, но постоянное поселение грузин образовалось в конце XVII – начале XVIII веков, когда расположенное около Москвы село Воскресенское стало владением грузинского князя Вахтанга Левоновича. Он приехал в Москву со своими сыновьями, Бокаром и Георгием, и большой свитой из князей, дворян и простых людей, численностью до 3 тысяч человек. Грузинам были пожалованы царем 10 тысяч рублей и строительные материалы на постройку каменной церкви. Впоследствии в Грузинских слободах стали селиться представители других национальностей, в частности армяне.

При Иване Грозном образовалась Немецкая слобода, в которой жили шведы, англичане, французы, голландцы, испанцы и другие, которые у русских людей получили собирательное название «немцы» («немые», то есть не понимающие русского языка). Для «гостей» (торгового люда) Иван Грозный построил большой Гостиный двор; польские и литовские купцы останавливались на особом Панском дворе [5].

Существование гостиных дворов в Москве XV века, где должны были останавливаться приезжие купцы, находит подтверждение в тексте духовной грамоты Ивана III: «...а ставятся гости с товаром иноземци и из Московские земли и из их уделов на гостиных дворах» [4]. По всей видимости, гостиные дворы находились на Великом посаде (так называлась в XV – начале XVI в. территория будущего Китай-города) [2: с. 94].

Первые значительные по размерам поселения татар на территории Москвы, скорее всего, можно отнести к XIV веку — периоду упрочения власти Орды над Москвой и после принятия Ордой ислама [1: с. 23]. Собирательное название «татары» получили выходцы из Орды, еще со времен монголо-татарского нашествия, осевшие в русских княжествах, а также купцы, приезжавшие в Москву после завоевания Казанского ханства и Поволжских земель, с Востока [5].

Между современными улицами Новокузнецкой и Якиманкой, размещались слободы, где жили толмачи (переводчики) и ордынцы (перевозчики дани татарам). На окраине Заречья селились казанские и нагайские торговцы, образовавшие Татарскую слободу [3].

В Москве были районы, где селились те, кто ездил в Орду с грамотами от Великого князя, переводчики-толмачи, а также татары, пригонявшие в Москву для продажи большие табуны степных коней и останавливавшиеся на Ногайском дворе. Все это нашло отражение в топонимике города — Ордынка, Толмачевский переулочек, Татарская улица и т.д.

Этнические меньшинства к концу XIX века концентрировались в центре города. Наиболее кучно селились евреи и армяне, облюбовавшие Китай-город, Тверскую и Мясницкую улицы. Татары жили на Сретенке и Пятницкой. Окраины Москвы отличались высоким процентом русского населения. Например, жители Подольского уезда селились в основном в южных частях города — около Якиманки, Пятницкой и Серпуховской заставы [4].

Что же касается численного соотношения представителей разных национальностей в составе населения Москвы, то сведения о нем на начало XIX века крайне противоречивы, поскольку, по замечанию исследователей, метрические книги велись очень плохо и нерегулярно. Важной вехой в истории Москвы стал пожар 1812 года, когда почти полностью сгорели все деревянные строения, население покинуло город, многие иностранцы, игравшие заметную роль в политической и экономической жизни Москвы, бежали. Считается, что в 1811 году в Москве проживало около 270 тысяч человек разнообразного национального состава, а в послепожарной Москве — немногим более 215 тысяч человек. На картосхеме (см. рис. 1) показана концентрация проживания представителей различных национальностей в Москве в период с XV по XIX век на фоне русского населения, которое составляло большинство жителей города. При этом надо иметь в виду, что русских, украинцев и белорусов считали фактически одним народом.

О количественном составе населения Москвы можно судить по переписям населения. Переписи 1871 и 1882 годов дают представление о национальностях и вероисповедании жителей Москвы. Свыше 90% населения составляли православные и 90–95% населения были русскими. Некоторое снижение удельного веса православного и русского населения с 1871 по 1882 год было связано с увеличением доли евреев в населении (доля иудеев за этот период выросла с 0,88 до 2%, а среди населения города — с 0,94 до 1,61%). Однако в начале 90-х годов XIX века началось выселение из Москвы евреев, не имевших права жительства в столице, и доля их заметно снизилась [5].

О национальном составе населения можно судить также по распространённости родного языка. Так, из переписей 1871 и 1882 годов следует, что соответственно 95,6 и 94,5% москвичей говорили на русском языке, на польском — 0,60 и 0,60%, финском — 0,02 и 0,05%, на латинском — 0,03 и 0,03%, литовском — 0,06 и 0,03%, на еврейском — 0,94 и 1,61%, татарском — 0,15 и 0,24%, армянском — 0,10 и 0,12%, французском — 0,34 и 0,29%, немецком — 1,82 и 2,02%, английском — 0,12 и 0,10%, итальянском — 0,03 и 0,02%, скандинавских языках — 0,04 и 0,00%, голландском — 0,01 и 0,00%, других европейских языках — 0,04 и 0,04%, восточных — 0,05 и 0,03%, не обозначено — 0,14%.

Первая Всероссийская перепись населения 28 января 1897 года показала, что крупнейшими этническими группами в Москве были немцы — около 18 тысяч человек), поляки — 9 тысяч человек, евреи (по вероисповеданию) — около 5 тысяч человек, татары — 4,3 тысяч человек. По данным за 1902 год местных уроженцев в Москве насчитывалось 27,6%, а представителей пришлых народов — 72%. В дальнейшем эта характерная особенность Москвы сохранится. Материалы переписи 1912 года показали, что около 85% жителей города родились вне Москвы. Если в 1902 году коренных москвичей было 27%, то в 1912 году их стало меньше, и они составляли примерно 21% от общего числа жителей города.

По данным переписей 1912 и 1926 годов доля русских уменьшилась на 7,8% (в 1912 г. — 95,3%), уменьшилось число немцев на 0,9%, поляков — на 0,2%, наоборот увеличилось число евреев на 6,1%, украинцев — на 0,6%, татар, латышей, армян — примерно на 0,1–0,3%. Таким образом, по результатам переписи можно судить о серьёзной национальной динамике населения Москвы.

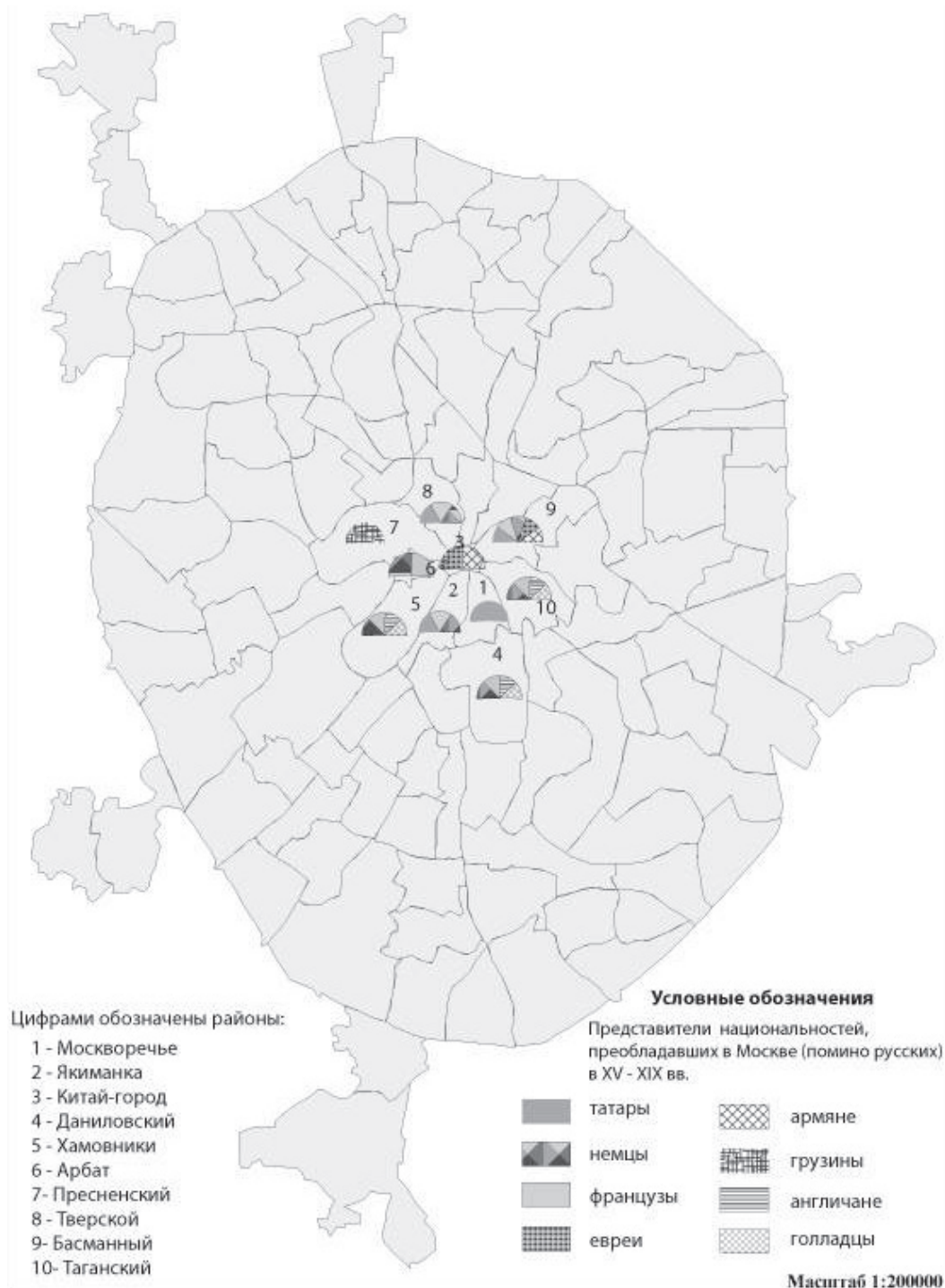


Рис. 1. Распределение национальностей, преобладавших в составе городского населения Москвы в XV–XIX вв. по районам (составлено автором по данным [3–6]).

Перепись населения 1939 года дает возможность проанализировать национальный состав Москвы в сравнении с данными 1926 года. Доля русских практически не снизилась, наметилась тенденция к уменьшению доли евреев — с 6,5 до 6%, повысился удельный вес украинцев с 0,8 до 2,2%, та-

тар — с 0,8 до 1,4%, армян — с 0,2 до 0,3%, снизилась доля немцев, латышей, представителей других национальностей.

Перепись населения 1959 года показала следующий национальный состав москвичей. По сравнению с довоенным 1939 годом заметно повысился удельный вес русских (с 87,4 до 89,2%), сократилась численность евреев (с 6,0 до 4,1%), уменьшилась доля немцев, поляков, представителей Прибалтики, мордвы, азербайджанцев, грузин, но увеличилась доля татар (до 1,5%), украинцев и белорусов.

Всесоюзная перепись населения 1989 года показала, что в Москве проживали представители 122 национальностей. За 1970–1989 гг. выросла доля русского населения столицы (с 89,2 до 89,7%), украинцев (с 2,6 до 2,8%), татар (с 1,6 до 1,8%), белорусов, народов Кавказа, Средней Азии, мордвы, чувашей и др., но сократилась доля евреев (с 3,6 до 2%), представителей народов Прибалтики. Увеличение доли русских в составе населения Москвы может быть вызвано тем, что некоторую часть среди них составляют дети от смешанных браков русских с представителями других национальностей, показывающих себя по переписи «русскими», но в действительности находящихся в этнически переходном состоянии; также в конце 80-х годов началась репатриация русских из большинства республик СССР, прежде всего из Средней Азии, Казахстана, Армении; в 90-е годы численность населения Москвы значительно увеличилась вследствие значительного притока легальных и нелегальных мигрантов и вынужденных переселенцев из стран дальнего и ближнего зарубежья [7].

Соотношение жителей Москвы по основным национальностям (кроме русских) по данным переписей с 1871 по 1989 гг. (составлено автором по данным [4–8]) приводится в таблице 1.

Таблица 1

Нац. Годы	Бело- русы %	Ук- раинцы %	Армяне %	Фран- цузы %	Татары %	Поляки %	Евреи %	Немцы %
1871	н/д	н/д	0,1	0,34	0,15	0,6	0,94	1,82
1882	н/д	н/д	0,12	0,29	0,24	0,6	1,61	2,02
1897	0,09	0,43	0,15	0,23	0,4	0,8	0,45	1,73
1926	0,74	0,8	0,2	0,0	0,8	0,84	6,5	0,42
1939	0,6	2,2	0,3	0,0	1,4	0,29	6,0	0,2
1959	0,67	2,27	0,36	0,0	1,5	0,2	4,1	0,07
1970	0,71	2,2	0,36	0,0	1,6	0,14	3,6	0,08
1979	0,74	2,6	0,39	0,0	1,65	0,09	2,8	0,04
1989	0,82	2,8	0,56	0,0	1,8	0,07	2,0	0,05

Литература

1. Ахтамзян А. Как зарождалась татарская община в Москве / А. Ахтамзян // Этносфера. – 2001. – № 10 (37). – С. 23–25.
2. Герберштейн С. Великая Московия. Записки о Московитских делах / С. Герберштейн. – М.: Эксмо, 2008. – 335 с.
3. Район Замоскворечье // Портал управы Пресненского района. – URL: <http://presnen.cao.mos.ru/document/2006/07/01/d990/> (дата обращения: 13.11.2010 г.).

4. Украинцы и азербайджанцы потеснят евреев и татар // Комсомольская правда. – 2002. – 09 сентября.
5. Москва многонациональная // Вестник Замоскворечья. – URL: http://www.zamos.ru/info/?tree_id=11&qid=85 (дата обращения: 11.11.2010 г.).
6. Москва. План города. – М.: Московский рабочий, 2001.
7. Филиппов В. Динамика этнического и конфессионального состава населения Москвы по данным предыдущих переписей / В. Филиппов // Демоскоп. – 2004. – 21 ноября. – № 177–178. – URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2004/0177/analit01.php> (дата обращения: 11.11.2010 г.).

Literatura

1. Axtamzyan A. Kak zarozhdalas' tatarskaya obshhina v Moskve / A. Axtamzyan // E'tnosfera. – 2001. – № 10 (37). – S. 23–25.
2. Gerbershtejn S. Velikaya Moskoviya. Zapiski o Moskovitskix delax / S. Gerbershtejn. – М.: Е'kсмо, 2008. – 335 s.
3. Rajon Zamoskvorech'e // Portal upravy' Presnenskogo rajona. – URL: <http://presnen.cao.mos.ru/document/2006/07/01/d990/> (data obrashheniya: 13.11.2010 g.).
4. Ukraincy' i azerbaidzhancy' potesnyat evreev i tatar // Komsomol'skaya pravda. – 2002. – 09 sentyabrya.
5. Moskva mnogonacional'naya // Vestnik Zamoskvorech'ya. — URL: http://www.zamos.ru/info/?tree_id=11&qid=85 (data obrashheniya: 11.11.2010 g.).
6. Moskva. Plan goroda. – М.: Moskovskij rabochij, 2001.
7. Filippov V. Dinamika e'tnicheskogo i konfessional'nogo sostava naseleniya Moskvyy' po danny'm predy'dushhix perepisej / V. Filippov // Demoskop. – 2004. – 21 noyabrya. – № 177–178. – URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2004/0177/analit01.php> (data obra-shheniya: 11.11.2010 g.).

T.S. Voronova

Historical and Geographical Review of the National Composition of Moscow in the XVth–XXth Centuries

Moscow, like any other city, has long been a site of concentration of abundant population. Not only Russians but representatives of other nationalities have been coming down here. Therefore, it is not without a reason, that Moscow can be considered a multinational city. The paper dwells upon the history of national composition of Moscow population and its spatial and temporal sifferentiation within the period from the XVth to the XXth centuries.

Key-words: city; national composition of population; Lithuabians; Germans; Tatars; Georgians; census; Russian Census.

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Е.Н. Арбузова

Методическая система обучения студентов-биологов на основе использования инновационного учебно-методического комплекса по дисциплине «Методика обучения биологии»

В рамках личностно-ориентированной парадигмы образования формулу «студент – преподаватель – учебник» необходимо заменить другой: «студент – учебно-методический комплекс нового поколения – преподаватель». Для организации дидактического процесса преподавателю необходима методическая система обучения для формирования методической компетентности и педагогической рефлексии у студентов-биологов на основе применения инновационного учебно-методического комплекса. Представляемая методика является проектным обучением, научно обоснована с позиций ведущих методологических подходов, принципов дидактики и логики движения студента в предмете.

Ключевые слова: инновационный учебно-методический комплекс (ИУМК); методическая система обучения; методы; формы; средства обучения.

Проступая к разработке методической системы обучения студентов естественнонаучного направления профиля «Биология» по дисциплине «Методика обучения биологии», необходимо определить, что же включает в себя любая методика обучения. Согласно работам Ю.К. Бабанского, В.М. Монахова и др., методическая система обучения представляет собой совокупность пяти взаимосвязанных компонентов: *целевого, содержательного, операционно-деятельностного* (методы, формы и средства обучения), *контрольно-регулятивного* (контроль преподавателя за ходом решения задач обучения, самоконтроль), *оценочно-результативного* (оценка и самооценка процесса, результатов обучения, выявление причин отклонения, постановка новых задач) [4: с. 77].

Методика обучения должна быть направлена не только на усвоение знаний, но и способствовать целенаправленному управлению процессом формирования компетенций будущих педагогов-биологов, созданию условий для проявления самостоятельности и активности студентов в процессе обучения. Любые дидактические воздействия должны вызывать активность студента с целью формирования прочных, действенных и осмысленных знаний, умений, навыков и специальных компетенций по учебной дисциплине «Методика обучения биологии» и функций учителя биологии.

При разработке методик одним из ключевых вопросов является вопрос: что берется в качестве базовой теории учения? В разрабатываемой методике многое, если не все, зависит от базовой теории, в рамках которой мы рассматриваем методическую систему или ее отдельные компоненты. Данное положение принципиально для целостного рассмотрения методической системы. Если же методическая система конструируется в том или ином методологическом подходе, например, в информационном, компетентностном, то и в этом случае основой выступает та или иная теория, но чаще всего таковой является *теория деятельности* [3: ч. 1, с. 212]. Однако она, в ее классическом варианте, не только не предполагает обратной связи и, следовательно, самодвижения студента, но, в конечном счете, ограничивает мысль творчески работающих преподавателей-методистов. Вот почему «необходимо искать базовые теории (как фундамент для строящейся методики) или концептуальные принципы, на основе которых можно строить оригинальные методики обучения. Это, конечно, касается общего подхода для осмысления методической системы в целом, но модернизация методики обучения возможна и изнутри, т.е. новое видение, понимание и интерпретация отдельного компонента или их совокупности в целостной методической системе» [9: с. 135].

Дальнейшим развитием деятельностного подхода является *«регулятивный подход к процессу учения»* и обучения [8: с. 59] студентов-биологов. Процесс обучения и учения рассматривается в рамках регулятивного подхода с позиции структуры и системы регуляции. Освоение учебных дисциплин предполагает определенную логику движения студента в предмете и саморегуляцию этого движения. Для того, чтобы студент-биолог смог перейти от учебной дисциплины «Методика обучения биологии» к практической деятельности учителя биологии, необходимо последовательно освоить «три базовые формы деятельности, которые получили такие названия: *знаковая, моделирующая и проективная деятельности*» [8: т. 2, с. 60] .

В нашем подходе к логике движения студентов-биологов в дисциплине «Методика обучения биологии» в качественном переходе от освоения теоретического лекционного курса по общей методике обучения биологии к квалификационной педагогической практике, защите выпускной квалификационной работы и магистерских диссертаций мы выделяем именно эти три базовые формы.

Движение студента-биолога в **знаковой** деятельности начинается с интериоризации методики обучения биологии как знаковой системы во внутренний мир студента. Психическая активность на этом этапе проявляется преимущественно в мнемонических действиях (составление планов, конспектов, классифицирование, структурирование, схематизация). Далее знания по методике обучения биологии становятся элементом внутреннего мира студента, проявляют себя в интенции по их осмыслению через решение предметных задач, конкретных методических ситуаций. Когда данный этап пройден, начинается корректировка усвоенных знаний и осмысление курса методики обучения в целом (рефлексия). На этом этапе происходит формирование *информационной функции, развивающейся коммуникативная, воспитательная, развивающая и социальная функции* будущего учителя биологии [1: с. 156].

Моделирующая деятельность студентов-биологов — продолжение знаковой. Она начинается с усвоения (создания) моделей, чтобы они стали элементом внутреннего мира. Усвоенные модели (методы, методические приемы, требования, условия, техники, технологии, методики) как средство познания и осуществления будущего учебно-воспитательного процесса, студент-биолог воплощает, осмысливает и применяет: (планы-конспекты, технологические карты, разработки внеклассных занятий, проекты кабинета биологии, планы учебно-опытного участка, программы факультативов и элективных курсов). В этом заключаются *организационная и самообразовательная функции будущего учителя биологии.*

Проективная базовая форма деятельности студентов проявляется через практическую реализацию моделей, превращающую их в методические умения, навыки и компетенции. Студент самостоятельно воплощает их в условиях педагогической практики. В этой базовой форме деятельности формируются *творчески-конструктивная, методологическая, научно-исследовательская, педагогическая и контрольно-оценочная функции учителя биологии* [1: с. 156]. Полная рефлексия учебно-познавательной деятельности на педагогической практике помогает освоить систему деятельности по «Методике обучения биологии» и прогнозировать собственную профессионально-методическую деятельность педагога-биолога.

Освоение учебной дисциплины «Методика обучения биологии» предполагает определенную логику движения студента-биолога в предмете и саморегуляцию этого движения.

«Саморегуляция движения в предмете включает в себя три уровня активности личности — *операционный, тактический и стратегический*» [8: т. 2, с. 60]:

– *операционный* — когда человек решает лишь частные задачи, выполняет лишь отдельные операции – уровень ситуативной активности;

– *тактический* — когда человек успешно использует всю совокупность наличных средств и способов деятельности для решения текущих задач в изменяющихся условиях. Тактический уровень наряду с овладением операционными умениями требует ряда других компонентов — способности к быстрой ориентировке в изменяющихся ситуациях, владения общими алгоритмами рационального построения действий и их последовательности, умения планировать, пользоваться справочной литературой, умения распределять роли при коллективной организации деятельности и т.д. Таким образом, тактический уровень деятельности соответствует надситуативной активности;

– *стратегический* — когда человек свободно ориентируется в изменяющихся жизненных ситуациях, в экономических, технологических и общественных отношениях, самостоятельно определяет место и цели собственной деятельности в соответствии с общими целями коллектива. Стратегический уровень деятельности, наряду с овладением операционными и тактическими компонентами, требует развития еще и ряда других качеств личности: высокоразвитых познавательных умений, творческой активности, умения самоанализа процесса и результатов деятельности, широкого кругозора, коммуникативной компетентности и т.д. Стратегический уровень деятельности соответствует *творческой активности личности.*

«Условно можно сказать так: *операционный уровень* — это человек-исполнитель; *тактический* — активный деятель; *стратегический* — творческий человек, творец» [8: т. 2, с. 59].

Разрабатывая методику саморазвития методической компетентности и профессиональной рефлексии студентов-биологов, мы придерживались следующих *целей*:

- *образовательной*: формировать и развивать у студентов-биологов естественнонаучного направления знания, умения и навыки в области теории и методики обучения биологии, профессиональные и специальные компетенции, функции учителя биологии, умения и навыки самостоятельной работы;
- *развивающей*: способствовать саморазвитию методической компетентности, формировать и развивать педагогическую рефлексию, критическое мышление, активность студентов-биологов;
- *воспитательной*: формировать и развивать личностные качества у студентов, необходимые учителю биологии, содействовать самообразованию.

Реализация вышеперечисленных целей зависит от направленности методики обучения. Ведущая цель разрабатываемой нами методики — развивающая. Для ее реализации прежде всего нужна собственная активность студента и саморегуляция движения в учебной дисциплине «Методика обучения биологии». Наглядно, во внешней форме, эта активность проявляется в диалогах между студентами и преподавателем-методистом, а также между самими студентами.

В процессе обучения методике биологии преподавателю-методисту необходимо культивировать диалогичность, которая способствует развитию критического мышления и тем самым повышению качества обучения. Во время лекций и лабораторных занятий преподавателю необходимо задавать студентам вопросы на осмысление материала, как нового, так и ранее изученного, тем самым способствуя системному построению всего курса. Таким образом преподаватель помогает студентам связать новый материал с ранее изученным, осмыслить и переосмыслить усвоенную информацию. Другими словами, необходимо, чтобы занятия в вузе стали диалогичными. Преподаватель в каждый момент учебного занятия как бы диагностирует поле возможных путей развития студента, выявляет состояние его подготовки и тенденции ее развития.

Относительно *содержательного компонента* методики можно сказать следующее: мы обосновываем отбор содержания УМК ведущими методологическими подходами (личностно-деятельностным, системным, синергетическим, компетентностным, информационным) и выделяем следующие принципы: фундаментальность и системность, сложность и последовательность, доступность и открытость, нелинейность и вариативность. Содержательная компонента зависит от дидактических средств комплекса, составленных с позиций направленности на развитие всех трёх базовых форм деятельности, стимулирования рефлексии и развития качеств критического мышления.

Следующий компонент методики — *операционно-деятельностный* — связан с методами, формами и средствами обучения, используемыми в разработанной методике.

Методы обучения

С целью систематизации методов обучения создаются различные варианты их классификаций на разных основаниях. В методике обучения биологии принято использовать бинарную классификацию методов обучения по Н.М. Верзилину наряду с классификациями Ю.К. Бабанского, И.Я. Лернера и др. А.В. Хуторской выделяет *эвристические методы* обучения, с помощью которых студенты создают образовательную продукцию как в изучаемых курсах, так и в организации своего образования [7: с. 335]. Примеры таких методов: эмпатия (вживание), смысловое, образное и символическое видение, эвристические вопросы, конструирование понятий, правил, теорий, прогнозирование ошибок, образная картина, гиперболизация, инверсия, ученическое целеполагание, рефлексия. К *когнитивным методам* обучения относят: сравнение, эвристическое наблюдение, метод фактов, конструирование понятий, исследование, гипотезы, прогнозирование ошибок. Методы организации учения: целеполагание, планирование, создание образовательных программ учеников, нормотворчество, самоорганизация обучения, взаимообучение, рецензирование, контроль, рефлексия, самооценка. Все методы, так или иначе, реализуются в нашей методике, но если говорить о конкретных методах, направленных на развитие рефлексии и критического мышления, можем отметить, что методика включает:

- проблемно-поисковые методы (когда учащийся поставлен в затруднительную ситуацию, находясь в которой должен осознать ее как ситуацию, требующую разрешения);
- рефлексивные методы (рецензирование, анализ, оценка, установка на критическое мышление, разбор конкретного случая, разбор решения задачи);
- методы разворачивания мышления (использование различных форм разворачивания мышления в учебной деятельности);
- метод диалога, в котором культивируется рефлексивно-критическая позиция (критериальный анализ, критические вопросы, симуляция кризисной ситуации, выявление положительного и отрицательного, аргументация, умение делать выводы, распознавать допущения и заключения, оценивать силу доводов).

Использование вышеприведенных методов в процессе обучения методике биологии позволит целенаправленно развивать качества критического мышления и тем самым способствовать повышению качества обучения [9: с. 163].

Формы организации обучения

В учебном процессе по изучению курса методики обучения биологии реализуются следующие виды занятий: лекции, семинарские, лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов, консультации и т.д.

Лекция выполняет следующие дидактические функции: постановка и обоснование задач изучения материала, сообщение новых знаний, мотивация учебной деятельности студентов, интегрирование биологических, психолого-педагогических и методических знаний и умений, привитие интеллектуальных умений.

Задача преподавателя — организовать деятельность студентов на лекции; во вводной лекции раскрыть перед ними цели их предстоящей работы, разъяснить

основные принципы деятельности студентов по овладению знаниями, рассказать о необходимости приобретения данной системы знаний, сформулировать основы для дальнейшего самостоятельного изучения и овладения знаниями; направить внимание на обучение студентов самостоятельной учебной деятельности, ее приемам и методам, на причинное объяснение и т.д. В остальных лекциях — выделять теоретические закономерности общей методики обучения биологии, опирающиеся на знания студентов в области определенных разделов биологии, возрастной педагогической психологии, формальной логики, дидактики, а также связанного со школьным курсом биологии материала гуманитарного характера; ориентировать студентов на методы их усвоения и при этом указывать на необходимость использования определенных дидактических средств, разработанного УМК, в том числе и на применение электронного образовательного ресурса по методике обучения биологии, размещенного на портале вуза.

Цель учебной деятельности студентов на лекции — выделять и записывать основные положения лекции, используя метапредметные универсальные учебные действия: «Как слушать лекцию», «Как правильно записывать лекцию», «Как записывать задания для самостоятельной работы» (для самостоятельной работы предлагаются задания, связанные с анализом школьных учебников, программ, дидактических материалов, с решением методических учебных задач, с повторением ранее изученного материала, коллажированием, составлением структурно-логических схем и т.п.).

При традиционной технологии обучения в вузе лекции вполне обоснованно считаются наиболее важным и ответственным видом учебных занятий. Лекция отличается большим объемом теоретического материала, впервые предъявляемого студентам. В связи с развитием методической науки резко возрастают объёмы информации, которые должны быть донесены до студента-биолога за время лекции. Использование фрагментов электронного учебника на лекции позволяет сократить затраты времени лектора, связанные с представлением на доске различных графических материалов, иллюстраций, с организацией демонстраций и экспериментов. Лекции по методике биологии сопровождаются включением в них сообщений студентов, презентаций проектов, подготовленных демонстрационных опытов, практических заданий и т.п.

Современная методика предусматривает различные типы лекций: 1) вводную; 2) тематическую; 3) установочную (ориентировочную); 4) обобщающую; 5) обзорную.

Выбор типа лекций обусловлен спецификой темы и решаемых ею воспитательных и развивающих задач.

С позиций нетрадиционного подхода в обучении выделяются следующие типы лекций: *лекция-информация, лекция-диалог, лекция с научной структурой, лекция теоретического конструирования, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, методологическая лекция, инструктивные лекции, исторические лекции, кино- и видеолекция*. По характеру деятельности учащихся различают *информационные и проблемные лекции*. Проблемная лекция предполагает решение трех основных целей: усвоение теоретических знаний;

развитие теоретического мышления; формирование познавательных интересов. В ходе такой лекции студенты вовлекаются в живой диалог, они высказывают свое мнение, задают вопросы. Задача преподавателя — использовать приемы, включающие в общение.

Динамизацию проблемного содержания учебного материала в живом диалогическом общении двух преподавателей между собой осуществляет *лекция вдвоем* [2: с. 48]. *Лекция-парадокс* — это лекция с заранее запланированными ошибками. Практикуется по методике обучения биологии *лекция-пресс-конференция*. Эффективна также *лекция-визуализация*. *Лекция с разбором микроситуаций* включает в себя ситуации (методические задачи) и их анализ. *Лекция с применением «мозговой атаки»* активизирует деятельность студентов. *Мультимедийная лекция* систематически используется в практике преподавателя-методиста.

Семинары — составная часть учебного процесса, групповая форма занятий при активном участии студентов. Семинары способствуют углублённому изучению наиболее сложных проблем науки и служат основной формой подведения итогов самостоятельной работы студентов.

Следует иметь в виду, что подготовка к семинару зависит от формы, места проведения семинара, конкретных заданий и поручений. Это может быть написание доклада, эссе, реферата (с последующим их обсуждением), коллоквиум.

Семинарские занятия посвящаются обсуждению вопросов применения теории обучения биологии и фактического материала на практике. Задача преподавателя — подготовить темы семинарских занятий; подобрать литературу (основную и дополнительную); подготовить учебные задания, обязательные для всех студентов, групповые и индивидуальные задания, образцы их выполнения; спланировать выступления студентов, их коллективное обсуждение, корректирование ответов; подобрать задания для входного контроля (мини-тест) и вопросы для фронтальной беседы; подготовить средства обучения: школьные учебники, программы, стандарты, модели, таблицы, компьютерные программы и т.п.; определить формы учебной деятельности студентов на семинаре. Цель учебной деятельности студентов — научиться изучать рекомендованную учебно-методическую литературу, прежде всего входящую в структуру УМК, выполнять обязательные общие задания, готовить выступления, рецензировать выступления студентов, участвовать в дискуссии, оценивать ответы, участвовать в подведении итогов.

Существенное влияние на эффективность достижения целей семинарского занятия оказывает расположение участников, задающее тот или иной способ их обучения. Замечено, что *принцип круглого стола*, т.е. расположение участников лицом друг к другу, а не в затылок, как на обычном занятии, в целом приводит к возрастанию их активности, увеличению количества высказываний, к более принципиальному характеру дискуссии. Преподаватель также располагается в круге, что не мешает ему управлять группой. Это создает менее формальную обстановку, возможности для личностного включения каждого в общение, повышает мотивацию студентов, включает невербальные средства общения: мимику, жесты, эмоциональные проявления.

Принцип круглого стола присущ наиболее активной форме организации семинарского занятия — коллективной. На таком семинаре осуществляются со-

трудничество и взаимопомощь, каждый участник имеет равное право на интеллектуальную активность, заинтересован в успехах других и в достижении общей цели семинарского занятия, несет персональную ответственность за конкретный участок работы и принимает участие в коллективной выработке решений.

Семинар-дискуссия организуется как процесс диалогического общения участников, в ходе которого происходит формирование практического опыта совместного участия в обсуждении и разрешении теоретических проблем, теоретико-практического мышления будущего специалиста. Специфически психологическим фактором выступает общение с равноинформированными партнерами — студентами, в отличие от общения с разноинформированным партнером — преподавателем. Это раскрепощает интеллектуальные возможности студентов, резко снижает барьеры общения, повышает продуктивность общения.

Показателем развития формы семинара-дискуссии может быть использование элементов *«мозгового штурма»* и *деловой игры*. В первом случае участники стремятся выдвинуть как можно больше идей, не подвергая их критике, а потом выделяются, обсуждаются и развиваются главные идеи, оцениваются возможности их доказательства или опровержение.

Активности студентов способствует использование такого приема как *«рецензия рецензии»*. Суть его состоит в том, что если на семинаре работают три группы, то после выступления первой группы члены второй дают рецензию на прослушанное сообщение, а третьей — рецензию на рецензию. Затем группы меняются ролями. В итоге каждая группа сделает сообщение, выступит в роли рецензента и выскажет согласие или несогласие с рецензентом.

Требования к рецензии: соблюдение регламента выступления; соответствие содержания выступления теме; логика построения выступления; использование наглядного материала, культура речи; эмоциональность.

Требования к *«рецензии рецензии»*: согласны ли вы с данной рецензией? Оцените ее по пятибалльной системе.

Семинар-исследование. По предложению преподавателя в начале семинара студенты образуют несколько подгрупп по 4–5 человек, которые получают список из заранее заготовленных проблемных вопросов по теме занятия. Для того, чтобы ответить на эти вопросы, студенты должны обмениваться мнениями, провести дискуссию, доисследовать проблему, пользуясь любыми источниками информации.

В течение получаса каждый в подгруппе готовится выступление ее представителя с ответами на проблемные вопросы, отражающими согласованное мнение группы. Докладчик отмечает также особое мнение того или иного студента, если оно имело место. Подгруппа может выставить также содокладчика, уточняющего и дополняющего основной доклад. Докладчик и содокладчик отвечают на вопросы, заданные студентами других подгрупп преподавателям.

Затем идут доклады других подгрупп, а на последнем этапе вырабатывается позиция всей студенческой группы, интегрирующая точки зрения подгрупп. Преподаватель подводит итоги, оценивает работу студентов.

Рефлексивный семинар. Обсуждаются основные вопросы прошедших занятий, анализируются способы образовательной деятельности и особен-

ности полученной продукции. Студенты в группах кратко высказывают свои мнения по обозначенным вопросам. Координатор семинара и лидеры групп фиксируют обобщенные и систематизированные результаты рефлексии. Затем происходит коллективное обсуждение ключевых проблем, выявленных в ходе индивидуальных выступлений.

Лабораторные занятия. На лабораторно-практических занятиях изучаются некоторые вопросы общей методики обучения биологии и частные методики обучения биологии.

В первом разделе раскрываются общие методические проблемы, характерные в целом для учебной дисциплины: учебно-воспитательные задачи школьного курса биологии, его содержание и учебно-методические материалы, планирование работы учителя биологии, материальная база по предмету и др.

Каждый из разделов частной методики биологии способствует решению определенных задач:

- при изучении раздела «Методика обучения природоведению» студенты усваивают особенности содержания предмета и отрабатывают методику постановки природоведческих опытов и проведения наблюдений;
- методика обучения биологии в 6 классе знакомит студентов с типологией уроков по формируемым понятиям, с особенностями их методического построения (по Н.М. Верзилину);
- «Методика обучения разделу “Животные”» способствует формированию умений конструировать разные типы уроков по дидактическим задачам и их виды;
- при изучении «Методики обучения разделу “Человек”» студенты отрабатывают методику постановки опытов, проведения наблюдений, самонаблюдений и методику воспитательной работы с учащимися;
- последний раздел частной методики биологии направлен на отработку содержания общей биологии, методики проведения лабораторных работ, планирования уроков-лекций, семинаров, а также методики формирования научно-материалистического мировоззрения школьников при обучении биологии.

Лабораторные занятия имеют единую структуру. На них рассматриваются определенные темы занятий, в каждом занятии — формируемые профессиональные и специальные умения и компетенции, краткие теоретические пояснения к изучаемой методической проблеме, задания для самостоятельной работы студентов на занятии и во внеаудиторной работе, а также указываются компоненты информационного учебно-методического комплекса (ИУМК), с помощью которых студенты могут выполнять задания.

Студенты должны теоретически подготовить себя к очередному занятию, изучив краткие пояснения к нему в ИУМК.

Самостоятельная работа студентов по усвоению учебного материала, осуществляется как в аудиториях, так и в домашних условиях; для ее организации разработаны специальные печатные учебно-методические пособия и сетевой учебно-методический информационный комплекс (СУМИК) на образовательном портале вуза.

Консультации (индивидуальные, групповые, коллективные) осуществляют-ся в кабинете методики биологии и посредством электронной почты.

Формы текущего, промежуточного, рубежного и итогового контроля. Примерные темы рефератов, методических проектов, эссе, тесты, вопросы к экзаменам выложены на образовательном портале в сетевом информационном УМК.

С появлением ИУМК расширилось возможное многообразие форм и методов организации учебного процесса. Какие из них наиболее эффективны? Возможно ли сочетание традиционных и компьютерных форм обучения, и если да, то на какой основе? Конечно, инновационные УМК можно использовать и в рамках традиционного учебного процесса, но это будет не столь эффективно. В качестве эволюционной тактики внедрения ИУМК в учебный процесс представляется разумным сочетание традиционного учебного процесса и использования инновационных форм. По мере развития и совершенствования ИУМК, работа с ним составляет большую часть учебного времени.

К инновационным формам реализации ИУМК можно отнести синхронное и асинхронное обучение.

Синхронное обучение — формы учебной телекоммуникации, например, чат или видеоконференция, когда субъекты обучения взаимодействуют в реальном времени, то есть находятся в непосредственном диалоговом режиме.

Асинхронное обучение — формы учебной телекоммуникации, когда каждый субъект обучения знакомится с учебными материалами или выполняет работу не одновременно со всеми, а в удобное для него время. Обмен сообщениями происходит путем их взаимной пересылки учащимися и педагогами, например, по электронной почте.

Освоение дисциплины «Методика обучения биологии» предполагает помимо традиционных занятий в аудитории (лекции, семинары, лабораторные работы) активное использование сетевых технологий, а именно, информационно-образовательной среды или образовательного портала Омского государственного педагогического университета, построенного на базе системы дистанционного обучения МООДУС (MOODLE).

Перечислим основные возможности портала:

- создание индивидуального учебного плана студента за счет механизма выбора и записи на курс;
- предоставление сервисов по обеспечению самостоятельной работы студентов;
- авторизованный доступ к ресурсам портала для разных групп пользователей, ограничение доступа для нежелательной аудитории (авторские права и т.д.);
- предоставление открытого во времени и пространстве дистанционного доступа к информационным ресурсам;
- накопление, систематизация, публикация электронных учебно-методических ресурсов в гипермедийном виде;
- предоставление сервисов для организации педагогического общения в реальном и отложенном времени между субъектами учебного процесса;
- повышение активности студентов за счет использования элементов курса, предполагающих совместную работу, активно-деятельностные формы изучения материала;

- реализация автоматизированного тестирования студентов;
- хранение статистики обучения;
- реализация балльно-рейтинговой системы в рамках дисциплины.

СУМИК «Методика обучения биологии» представляет собой комплекс учебных материалов, оформленных в виде объектов МООДУС.

Это несколько типов ресурсов, таких как консультативный форум, на котором предлагается обсуждать различные темы. Развитие качеств критического мышления: умение анализировать собственные и чужие ошибки, видеть трудности, отличать главное от второстепенного, выделять критерии завершенности, необходимо любому современному человеку, особенно тому, кто по роду своей деятельности ориентирован на сферу образования. Участник форума должен свое размышление-утверждение сопровождать конкретными примерами. Еще один полезный ресурс — это чат, в котором студенты имеют возможность высказывать свои предложения, например, о том, какие разделы, темы, задачи полезно рассмотреть на лабораторных занятиях или получать оперативную консультацию преподавателя, если возникли какие-то трудности. Чат-занятия — это дистанционные лекции, лабораторные занятия, конференции, семинары и другие синхронные формы занятий, проводимые в реальном времени с помощью чат-системы.

Применение интернет-коммуникаций на занятии даёт возможность педагогу интегрировать элементы дистанционного обучения в очный образовательный процесс. Основными средствами телекоммуникативной деятельности являются: форум, чат, ICQ, электронная почта, телеконференция, видеоконференция, сайт. Интернет-коммуникации обогащают рамки очного обучения, наполняют процесс содержательной составляющей.

Применение интернет-коммуникаций на занятии — новая форма взаимодействия студентов и преподавателей. Данная форма сотрудничества объясняется желанием преподавателей расширить возможности вузовского занятия и интегрировать элементы дистанционного обучения в очный образовательный процесс.

Электронная почта (e-mail) — наиболее простой и эффективный способ обмена информацией между студентами и преподавателем. Самостоятельно изучив материал, который служит средой для продуктивного личностного взаимодействия, педагоги оставляют значительную часть времени на занятии для диалогового компонента, что повышает качество образовательного продукта при создании его в течение занятия. Педагоги делают рассылку с заданием для самостоятельной работы и осуществляют его проверку, комментируя результаты в режиме телеконференции. Данная возможность позволяет каждому студенту соотнести собственные результаты с результатами других студентов, обнаружить аналогии и определить внутренние приращения.

Блог — платформа для размещения онлайн-дневников (блогов), либо какой-то отдельный блог («дневник», «журнал») на этой платформе. Предлагается обычный для блогов набор функций: возможность публикации записей, их комментирования читателями и т.д.; также есть удобные дополнительные функции, многие из которых доступны бесплатно любому желающему. Студенты смогут высказать своё мнение по актуальным проблемам биологического образования и методики обучения биологии.

Ресурс книги позволяет сосредоточить в одном месте тематическую подборку лекций, статей, а базы данных — ссылки на интернет-источники и справочные таблицы.

Портал содержит интерактивные элементы, такие как глоссарий, который представляет собой базу понятий. ИУМК и его электронный ресурс, выставленный на портале позволяет осуществлять дистанционное обучение и проводить дистанционные образовательные проекты.

Формы учебной работы (общие формы): фронтальная, групповая, парная, индивидуальная, коллективная, индивидуализированная, дифференцированно-групповая.

Средства обучения

Инновационный учебно-методический комплекс тогда используется в полном объеме, когда дидактические средства взаимно дополняют друг друга. Доктор педагогических наук, профессор С.В. Суматохин убежден, что комплексное использование — это применение различных средств обучения на всех видах занятий по учебной теме в сочетании с традиционными наглядными пособиями в соответствии с общим дидактическим замыслом [5–6].

Содержательная сторона предусматривает органическое единство предъявляемого с помощью инновационного учебно-методического комплекса содержания информационно-дидактических материалов с содержанием и логикой самого занятия. При этом содержание информационно-дидактических материалов, формы и методы его предъявления обучающимся должны способствовать созданию проблемно-деятельностной основы решения дидактической задачи в целом.

Не менее важна и организационно-плановая сторона применения инновационного учебно-методического комплекса, т.е. четкое определение моментов начала и прекращения использования того или иного из средств комплекса, параллельного их ввода в процесс решения дидактической задачи.

Существенное значение имеет психологическая сторона использования сетевого учебно-методического комплекса. Воздействие на зрительный, слуховой, тактильный и иные каналы восприятия помогают формировать у обучающихся целостное отражение изучаемого объекта, явления или процесса и на этой основе интенсифицировать процесс познания.

Сущность применения ИУМК связывается со способностью дидактических средств, в сочетании с организующим и направляющим началом преподавателя-методиста, активизировать мышление обучающихся, придавать проблемно-деятельностный характер учебно-познавательному труду студентов-биологов.

Исходя из вышеизложенного, под применением ИУМК предлагается понимать направленную на решение целостной дидактической задачи систему планомерных педагогических воздействий на обучающихся, осуществляемых преподавателем с использованием специального взаимообусловленного сочетания печатных, компьютерных и информационных средств на протяжении всего процесса обучения, которые обеспечивают оптимальное достижение учебных целей.

Контрольно-регулятивный компонент предполагает не только контроль преподавателя за ходом усвоения теоретического материала, но также опору на самоконтроль и взаимоконтроль студентов в учебной деятельности. Подобный контроль осуществляется в моменты непосредственного взаимодействия студента и преподавателя. Изучению подвергаются в этом случае наблюдаемые действия, состояния и результаты деятельности студентов. Полученная информация позволяет преподавателю корректировать процесс формирования и развития знаний и умений. Совокупность подобных мероприятий называется мониторингом качества обучения.

Для объективной оценки успешности обучения применяются тренировочные и контрольные тесты, методические задачи, реализуемые на компьютере. По результатам выполненной работы каждое задание оценивается. И, самое главное, задание позволяет реализовать рейтинговую форму контроля. Для этого создаётся специальный документ, в котором необходимо прописать требования и весовые коэффициенты за все виды заданий, которые студенту предстоит выполнить во время семестра.

Рейтинговый контроль прекрасно сочетается с остальными компонентами обучения. Несомненные преимущества рейтинговой формы контроля заключаются в следующем:

- осуществляются предварительный, текущий и итоговый контроль;
- текущий контроль является средством обучения и обратной связи;
- развернутая процедура оценки результатов отдельных звеньев контроля обеспечивает его надежность;
- контроль удовлетворяет требованиям содержательной и конструктивной валидности (соответствие форм и целей);
- развернутый текущий контроль реализует мотивационную и воспитательную функции;
- развернутая процедура контроля дает возможность развивать у студентов навыки самооценки работы и формировать навыки и умения самоконтроля в профессиональной деятельности.

Оценочно-результативный компонент методики связан с оценкой и самооценкой процесса и результата обучения, с выявлением причин отклонения, постановкой новых задач. Данный компонент методики позволяет преподавателю глубоко вникнуть в сущность изучаемого явления, сделать определенное заключение о студентах, увидеть перспективы каждого и наметить пути дальнейшей педагогической работы. Для накопления и обработки результатов используются *портфолио достижений* студентов.

Реализация этого компонента напрямую соотносится с рефлексией процесса и результата деятельности, как преподавателя, так и студентов, поэтому в разработанной методике обучения на основе ИУМК оценочно-результативному компоненту отводится доминирующая роль.

Все вышеперечисленные компоненты методической системы обучения на основе ИУМК направлены на развитие методической компетентности, рефлексии и критического мышления студентов, органически соединяются

в самом процессе обучения. Методическая система обучения на основе применения ИУМК, осуществляемая в соответствии с основными образовательными программами по направлению «Естественнонаучное образование», профиль «Биология» характеризуется следующими признаками:

- цель определяется для обучающегося и содержит в себе не только указание на объем изучаемого содержания, но и на уровень его усвоения;
- содержание методико-биологической подготовки бакалавров представляется в законченных самостоятельных информационно-знаниевых блоках — учебных модулях;
- оптимальное сочетание методов и средств обучения — необходимый минимум для освоения содержания;
- сочетание разнообразных традиционных форм обучения (лекция, семинар, лабораторные занятия, консультации, самостоятельная работа, домашние задания и др.);
- преимущественное использование асинхронной и «нелинейной» организации учебного процесса;
- широкое использование асинхронного и синхронного электронного обучения;
- единица трудоемкости студентов в образовательном процессе — зачетная единица (кредит);
- оценка знаний обучающихся — балльно-рейтинговая система.

Литература

1. *Андреева Н.Д.* Система эколого-педагогического образования студентов-биологов в педагогическом вузе: монография / Н.Д. Андреева. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2000. – 220 с.
2. *Вербицкий А.А.* Активное обучение в высшей школе. Контекстный подход / А.А. Вербицкий. – М.: Просвещение, 1991. – 207 с.
3. *Епишева О.Б.* Технологический подход к обучению как основная тенденция развития образования / О.Б. Епишева // Модернизация педагогического образования в Сибири: проблемы и перспективы. – Ч. 1. – Омск: ОмГПУ, 2002. – С. 212–214.
4. *Бабанский Ю.К.* Педагогика: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов / Ю.К. Бабанский, В.А. Сластенин, Н.А. Сорокин и др; под ред. Ю.К. Бабанского. – М.: Просвещение, 1988. – 479 с.
5. *Суматохин С.В.* Методическая подготовка студентов к использованию ЭВМ при обучении биологии в школе / С.В. Суматохин // Современные проблемы методики биологии и экологии в школе и в вузе. – Ч. 2. – М.: Просвещение, 1997. – С. 98–99.
6. *Суматохин С.В.* О проблеме создания учебно-методического комплекса по биологии / С.В. Суматохин // Развитие методики биологии и экологии в XX веке. – М.: МГПУ, 2000. – С. 21–23.
7. *Хуторской А.В.* Современная дидактика: учебник для вузов / А.В. Хуторской. – СПб.: Питер, 2001. – 544 с.
8. *Шаров А.С.* Основы теории обучения студентов в высшей школе / А.С. Шаров // Высшая школа на современном этапе: психология преподавания и обучения: междунар. сб. ст. / Под ред. М.М. Кашапова. – Т. 2. – М.; Ярославль: Российское психологическое общество, 2005. – С. 59–60.

9. Шаров А.С. Рефлексивный подход в обучении информатике / А.С. Шаров, Д.А. Шаров. – Омск: ОмГПУ, 2007. – 202 с.

Literatura

1. Andreeva N.D. Sistema e'kologo-pedagogicheskogo obrazovaniya studentov-biologov v pedagogicheskom vuze: monografiya / N.D. Andreeva. – SPb.: RGPU im. A.I. Gercena, 2000. – 220 s.

2. Verbiczkiy A.A. Aktivnoe obuchenie v vy'sshej shkole. Kontekstny'j podxod / A.A. Verbiczkiy. – M.: Prosveshhenie, 1991. – 207 s.

3. Episheva O.B. Teknologicheskij podhod k obucheniyu kak osnovnaya tendenciya razvitiya obrazovaniya / O.B. Episheva // Modernizaciya pedagogicheskogo obrazovaniya v Sibiri: problemy' i perspektivy'. – Ch. 1. – Омск: ОмГПУ, 2002. – S. 212–214.

4. Babanskij Yu.K. Pedagogika: ucheb. posobie dlya studentov ped. in-tov / Yu.K. Babanskij, V.A. Slastenin, N.A. Sorokin i dr.; pod red. Yu.K. Babanskogo. – M.: Prosveshhenie, 1988. – 479 s.

5. Sumatoxin S.V. Metodicheskaya podgotovka studentov k ispol'zovaniyu E'VM pri obuchenii biologii v shkole / S.V. Sumatoxin // Sovremennyy'e problemy' metodiki biologii i e'kologii v shkole i v vuze. – Ch. 2. – M.: Prosveshhenie, 1997. – S. 98–99.

6. Sumatoxin S.V. O probleme sozdaniya uchebno-metodicheskogo kompleksa po biologii / S.V. Sematoxin // Razvitie metodiki biologii i e'kologii v XX veke. – M.: MGPU, 2000. – S. 21–23.

7. Xutorskoj A.V. Sovremennaya didaktika: Uchebnik dlya vuzov. / A.V. Xutorskoj. – SPb.: Piter, 2001. – 544 s.

8. Sharov A.S. Osnovy' teorii ucheniya studentov v vy'sshej shkole / A.S. Sharov // Vy'sshaya shkola na sovremennom e'tape: psixologiya prepodavaniya i obucheniya: mezhdunar. sb. st. / Pod red. M.M. Kashapova. – T. 2. – M.; Yaroslavl': Rossijskoe psixologicheskoe obshchestvo, 2005. – S. 59–60.

9. Sharov A.S. Refleksivny'j podxod v obuchenii informatike / A.S. Sharov, D.A. Sharov. – Омск: ОмГПУ, 2007. – 202 s.

E.N. Arbuzova

Methodical System of Training Biology Students Based on the Use of Innovative Educational and Methodical Complex of the Discipline «Methods of Biology Teaching»

Within the framework of personality-centered education paradigm, it is vital to replace the formula «Student – Teacher – Textbook» by a different one: «Student – Educational and methodical complex of new generation – Teacher». To organize didactic process the teacher needs a methodical training system for forming methodical competence and pedagogical reflection for Biology students based on application of innovative educational and methodical complex. The presented methodology is a project type of teaching, scientifically grounded on the positions of leading methodological approaches, didactic principles and logics of a student's progress in the subject.

Key-words: innovative educational and methodical complex; methodical training system; methods; forms; education facilities.

В.Н. Латчук

Дидактическая зависимость содержания образования и уровня подготовки участников олимпиадного движения школьников по основам безопасности жизнедеятельности в России

В статье анализируются современные подходы к разработке олимпиадных заданий для регионального и заключительного этапов Всероссийской олимпиады школьников по основам безопасности жизнедеятельности в соответствии с требованиями к уровню подготовки учащихся, определяемыми государственным стандартом общего образования.

Ключевые слова: олимпиада; олимпиадные задания; общее образование; государственный стандарт; дидактические единицы; профессиональная сфера деятельности.

Ведущие разработчики содержания олимпиадных заданий предметных олимпиад школьников в России Н.Х. Агаханов, В.М. Кирюхин, О.С. Угольников, В.В. Лунин, А.С. Наумов, Г.Г. Швецов, Е.В. Колесова, С.И. Володина, С.Н. Смольников, Л.В. Тодоров, В.Н. Симкин, В.Л. Хотунцев, Н.Н. Чесноков и др. пришли к однозначному выводу о том, что при формировании содержания олимпиад необходимо учитывать соответствие требований к уровню подготовки учащихся, определяемых государственным образовательным стандартом и требований к участникам олимпиад. Это утверждение нашло отражение в пункте 7 Положения о Всероссийской олимпиаде школьников, в котором отмечается: «Этапы Олимпиады проводятся по заданиям, составленным на основе общеобразовательных программ, реализуемых на ступенях основного общего и среднего (полного) общего образования». Данное требование в полной мере относится и к олимпиаде по ОБЖ.

Проведенный анализ соответствия требований к уровню подготовки учащихся, определяемых государственным образовательным стандартом по ОБЖ и требований к участникам олимпиад позволил выявить прямую их зависимость.

Так, пропедевтическая подготовка школьников в рамках обучения ОБЖ в *основной школе* отражается как в общем освоении знаний о здоровом образе жизни, об опасных и чрезвычайных ситуациях и основах безопасного поведения при их возникновении, так и в темах государственного образовательного стандарта по ОБЖ, отражающих:

а) способность школьников правильно оценивать обстановку и умело действовать в системе понятий: опасность, причина опасности, последствие опасности, действие;

б) приоритетные направления изучения курса ОБЖ на этапе основного общего образования:

- использование для познания окружающего мира различных методов наблюдения и моделирования;
- выделение характерных причинно-следственных связей;
- творческое решение учебных и практических задач;
- сравнение, сопоставление, классификация, ранжирование объектов по одному или нескольким предложенным основаниям и критериям; самостоятельное выполнение различных творческих работ, участие в проектной деятельности;
- использование для решения познавательных и коммуникативных задач различных источников информации, включая энциклопедии, словари, интернет-ресурсы и др.;
- самостоятельная организация учебной деятельности; оценка собственного поведения, черт характера, физического и эмоционального состояния;
- соблюдение норм поведения в окружающей среде и правил здорового образа жизни;
- использование своих прав и выполнение своих обязанностей гражданина, члена общества и учебного коллектива.

Таким образом, результат обучения по ОБЖ на ступени основного общего образования может быть сформулирован как способность выпускников правильно действовать в опасных и чрезвычайных ситуациях социального, природного и техногенного характера. Более подробно ожидаемые результаты обучения раскрыты в таблице 1.

Таблица 1

**Образовательные блоки и соответствующие им требования
к уровню подготовки учащихся по основам безопасности
жизнедеятельности на ступени основного общего образования**

Образовательные блоки	Требования к уровню подготовки выпускников
Обеспечение личной безопасности в повседневной жизни	знать / понимать: • основы здорового образа жизни; факторы, укрепляющие и разрушающие здоровье; вредные привычки и их профилактику; • правила безопасного поведения в чрезвычайных ситуациях социального характера; • способы безопасного поведения в природной среде: ориентирование на местности, подача сигналов бедствия, добывание огня, воды и пищи, сооружение временного укрытия; уметь: • соблюдать правила поведения на воде; • вести себя в криминогенных ситуациях и в местах большого скопления людей; использовать полученные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: • обеспечения личной безопасности на улицах и дорогах; • соблюдения мер предосторожности и правил поведения в общественном транспорте; • пользования бытовыми приборами и инструментами;

Образовательные блоки	Требования к уровню подготовки выпускников
	• проявления бдительности, безопасного поведения при угрозе террористического акта.
Оказание первой медицинской помощи	уметь: • оказывать помощь утопающему; • оказывать первую медицинскую помощь при ожогах, отморожениях, ушибах, кровотечениях; • пользоваться домашней медицинской аптечкой; • вести себя в криминогенных ситуациях и в местах большого скопления людей.
Основы безопасного поведения в чрезвычайных ситуациях	знать / понимать: • правила безопасного поведения в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера; уметь: • пользоваться средствами индивидуальной защиты (противогазом, респиратором, ватно-марлевой повязкой) и средствами коллективной защиты; • действовать согласно установленному порядку по сигналу «Внимание всем!», комплектовать минимально необходимый набор документов, вещей и продуктов питания в случае эвакуации населения.

Анализ представленной в таблице 1 информации показывает, что требования, предъявляемые государственным образовательным стандартом по ОБЖ на ступени основного общего образования позволяют школьникам проявлять свой потенциал в олимпиадах по ОБЖ. Это реально отразилось на количественном составе участников заключительного этапа 1-й Всероссийской олимпиады школьников по ОБЖ в 2009 году, где приняло участие 55 учащихся 9-х классов (33 юноши и 22 девушки) из 43 регионов Российской Федерации, из них четверо участников стали победителями и 13 участников призерами. Это подтверждает наше предположение о том, что для достижения успеха ребятам основной школы требуется серьезная предпрофильная подготовка, и если она проводится систематически и качественно, то результаты появляются сразу.

Продолжение подготовки по курсу ОБЖ продолжается в старшей школе на базовом и профильном уровнях.

На *базовом уровне* у обучающихся предусматривается формирование общеучебных умений и навыков, универсальных способов деятельности и ключевых компетенций в области обеспечения личной безопасности в повседневной жизни; оказания первой медицинской помощи; основ безопасного поведения в чрезвычайных ситуациях. Приоритетными направлениями изучения курса ОБЖ на этапе среднего (полного) общего образования на базовом уровне являются:

- умение самостоятельно и мотивированно организовывать свою познавательную деятельность;
- использование элементов причинно-следственного и структурно-функционального анализа;

- участие в проектной деятельности, в организации и проведении учебно-исследовательской работы;
- поиск нужной информации по заданной теме в источниках различного типа;
- оценка и корректировка своего поведения в окружающей среде, выполнение в практической деятельности и в повседневной жизни экологических требований;
- умение отстаивать свою гражданскую позицию, формировать свои мировоззренческие взгляды;
- осуществление осознанного выбора пути продолжения образования и будущей профессии.

Результаты обучения по ОБЖ на ступени среднего (полного) общего образования на базовом уровне направлены на формирование знаний и умений, востребованных в повседневной жизни, позволяющих предвидеть опасные и чрезвычайные ситуации и в случае их наступления правильно действовать в сложившихся обстоятельствах. Более подробно ожидаемые результаты обучения раскрыты в таблице 2.

Таблица 2

**Образовательные блоки и соответствующие им требования
к уровню подготовки учащихся по основам безопасности жизнедеятельности
на ступени среднего (полного) общего образования на базовом уровне**

Образовательные блоки	Дидактические единицы
Сохранение здоровья и обеспечение личной безопасности	знать / понимать: • основные составляющие здорового образа жизни и их влияние на безопасность жизнедеятельности личности; репродуктивное здоровье и факторы, влияющие на него; использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: • ведения здорового образа жизни; • оказания первой медицинской помощи.
Государственная система обеспечения безопасности населения	знать / понимать: • основные задачи государственных служб по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций; • предназначение, структуру и задачи РСЧС; • предназначение, структуру и задачи гражданской обороны; уметь: • владеть способами защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; • владеть навыками в области гражданской обороны; • пользоваться средствами индивидуальной и коллективной защиты; использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: • обращения в случае необходимости в службы экстренной помощи.

Образовательные блоки	Дидактические единицы
Основы обороны государства и воинская обязанность	знать / понимать: • основы российского законодательства об обороне государства и воинской обязанности граждан; • состав и предназначение Вооруженных Сил Российской Федерации; • порядок первоначальной постановки на воинский учет, медицинского освидетельствования, призыва на военную службу; • основные права и обязанности граждан до призыва на военную службу, во время прохождения военной службы и пребывания в запасе; • основные виды военно-профессиональной деятельности; особенности прохождения военной службы по призыву и контракту, альтернативной гражданской службы; • требования, предъявляемые военной службой к уровню подготовки призывника; уметь: • оценивать уровень своей подготовки и осуществлять осознанное самоопределение по отношению к военной службе; использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: • развития в себе духовных и физических качеств, необходимых для военной службы.

Государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования на *профильном уровне* конкретизирует и расширяет содержание предметных тем по ОБЖ на базовом уровне с учетом межпредметных и внутрипредметных связей и является основой для определения военно-профессиональной ориентации и военно-патриотического воспитания. Приоритетными направлениями изучения курса ОБЖ на профильном уровне являются те же, что и на базовом.

Можно констатировать, что сама парадигма профильного обучения позволяет реализовать право любого школьника на качественное образование по индивидуальной траектории развития, к тому же содержание профильного образования по ОБЖ в определенной степени охватывает содержание олимпиад. Но, как показывает опыт, для успешного выступления на олимпиадах по ОБЖ, особенно на заключительных этапах, освоение содержания профильного образования ещё не достаточно. В дополнение к этому нужно использовать формы индивидуальной работы с талантливыми школьниками, а также активно развивать в школе профильное обучение и разнообразные элективные курсы. Поэтому элективная составляющая подготовки учащихся по ОБЖ, в том числе с использованием олимпиадных программно-методических и организационно-технологических ресурсов, должна непрерывно развиваться, поскольку направлена на реализацию следующих функций:

- развитие содержания образования по ОБЖ, что позволяет поддерживать изучение смежных учебных предметов на профильном уровне;

- «надстройки» профильного учебного предмета ОБЖ, когда он становится в полной мере углубленным;
- удовлетворение познавательных интересов обучающихся в различных сферах человеческой деятельности.

В связи с этим важно определить, существует ли реальная возможность для школьников реализовать свой профильный интерес в области безопасности жизнедеятельности, в том числе для олимпиадной подготовки, непосредственно в рамках обучения в школе.

Результаты обучения по ОБЖ на ступени среднего (полного) общего образования на профильном уровне направлены на формирование знаний и умений, востребованных в повседневной жизни, позволяющих предвидеть опасные и чрезвычайные ситуации и в случае их наступления правильно действовать, на осознанный выбор своей будущей профессии и формирование качеств личности, необходимых для профессиональной деятельности. Более подробно ожидаемые результаты обучения раскрыты в таблице 3.

Таблица 3

**Образовательные блоки и соответствующие им требования
к уровню подготовки учащихся по основам безопасности жизнедеятельности
на ступени среднего (полного) общего образования на профильном уровне**

Образовательные блоки	Дидактические единицы
Сохранение здоровья и обеспечение личной безопасности	знать / понимать: • основные составляющие здорового образа жизни и их влияние на безопасность жизнедеятельности личности; уметь: • оценивать уровень своей подготовки и осуществлять осознанное самоопределение по отношению к военной службе; • выполнять упражнения по физической подготовке в объеме требований, предъявляемых к молодому пополнению воинских частей и кандидатам, поступающим в высшие военно-учебные заведения; использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: • ведения здорового образа жизни; • оказания первой медицинской помощи.
Безопасность и защита человека в чрезвычайных ситуациях	знать / понимать; • потенциальные опасности природного, техногенного и социального происхождения, характерные для региона проживания; • основные задачи и структуру государственных служб по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций; • средства массового поражения и их поражающие факторы; • защитные сооружения гражданской обороны и правила их использования; • нормы международного гуманитарного права;

Образовательные блоки	Дидактические единицы
	уметь: • владеть способами защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; • пользоваться средствами индивидуальной и коллективной защиты; • обращаться с приборами радиационной, химической разведки и дозиметрического контроля; использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: • вызова в случае необходимости соответствующих служб экстренной помощи.
Основы обороны государства	знать / понимать; • основы российского законодательства о защите Отечества и воинской обязанности граждан; • основные виды военно-профессиональной деятельности.
Основы военной службы	знать / понимать: • особенности прохождения военной службы по призыву и контракту, альтернативной гражданской службы; уметь: • оценивать уровень своей подготовки и осуществлять осознанное самоопределение по отношению к военной службе; использовать полученные знания при первоначальной постановке на воинский учет.
Элементы начальной военной подготовки	знать / понимать: • назначение и боевые свойства личного оружия; уметь: • выполнять неполную разборку и сборку автомата Калашникова; • вести стрельбу из автомата по неподвижным целям; владеть навыками безопасного обращения с оружием; • ориентироваться на местности по карте и двигаться в заданную точку по азимуту.
Военно-профессиональная ориентация	знать / понимать: • правила приема в образовательные учреждения военного профессионального образования Минобороны России, МВД России, ФСБ России, МЧС России.

Сопоставление требований к уровню подготовки учащихся, представленных в таблицах 2 и 3, с требованиями по содержанию олимпиадных заданий на региональном и заключительном этапах олимпиады по ОБЖ в 2009 г., позволили интегрировать для участников старшей возрастной группы (10–11 классы) общие тематические образовательные блоки (независимо от базового и профильного уровня): обеспечение личной безопасности в повседневной жизни и в чрезвычайных ситуациях; государственная система обеспечения безопасности населения; основы обороны государства и воинская обязанность, которые проверялись на этих этапах

олимпиады и подтвердили правильность нашего подхода к такой интеграции. Так, в заключительном этапе 1-ой Всероссийской олимпиады школьников по ОБЖ в 2009 году в старшей возрастной группе (10–11 классы) приняло участие 65 учащихся (45 юношей и 20 девушек), из которых 52 человека справились со всеми предложенными заданиями, при этом пятеро участников стали победителями и 12 участников — призерами.

Как показывает анализ соответствия требований к уровню подготовки учащихся, определяемых государственным образовательным стандартом и требований к участникам олимпиад по ОБЖ на региональном и заключительном этапах в средней и старшей возрастной группах, все дидактические единицы в тематических образовательных блоках в той или иной степени обязательно были заложены в каждом комплекте олимпиадных заданий.

Кроме того, сопоставительный анализ дидактических единиц и требований показал, что все требования к учащимся обязательно выявляются любым олимпиадным заданием. Более того, каждое олимпиадное задание выявляет его не фрагментарно, а комплексно, то есть практически все требования в той или иной степени входят в олимпиадное задание. При этом членами жюри олимпиады, на основе анализа компетентности участников заключительного этапа, сделан вывод о том, что эти компетентностные составляющие несомненно определяют устойчивую профессионально ориентированную личность, нацеленную на продвижение к горизонту развития уже в профессиональной сфере. А такой выпускник школы является потенциально активным в учении и станет высокосоорганизованным студентом независимо от выбранного им высшего учебного заведения. Эти компетентностные качества помогут выпускнику развиваться и быть успешным в той профессиональной сфере деятельности, которую он считает для себя ключевой.

Литература

1. Латчук В.Н. Всероссийская олимпиада школьников по основам безопасности жизнедеятельности: методические рекомендации / В.Н. Латчук. – М.: АПКИППРО, 2008. – 124 с.
2. Латчук В.Н. Основы безопасности жизнедеятельности: программы для общеобразовательных учреждений. 5–11 кл. / В.Н. Латчук, С.К. Миронов, С.Н. Вангородский. – М.: Дрофа, 2006. – 106 с.
3. Сборник нормативных документов. Основы безопасности жизнедеятельности / Сост. Э.Д. Днепров, А.Г. Аркадьев. – 5-е изд. – М.: Дрофа, 2009. – 77 с.

Literatura

1. Latchuk V.N. Vserossijskaya olimpiada shkol'nikov po osnovam bezopasnosti zhiznedejatel'nosti: metodicheskie rekomendacii / V.N. Latchuk. – M.: APKIPPRO, 2008. – 124 s.
2. Latchuk V.N. Osnovy' bezopasnosti zhiznedejatel'nosti: programmy' dlya obshheobrazovatel'ny'x uchrezhdenij. 5–11 kl. / V.N. Latchuk, S.K. Mironov, S.N. Vangorodskij. – M.: Drofa, 2006. – 106 s.
3. Sbornik normativny'x dokumentov. Osnovy' bezopasnosti zhiznedejatel'nosti / Sost. E.D. Dneprov, A.G. Arkad'ev. – 5-e izd. – M.: Drofa, 2009. – 77 s.

V.N. Latchuk

**Didactic Dependence of Education Contents and Preparation Level
of Participants of School-subject «Introduction to Life Security» Olympic Movement**

The paper analyzes modern approaches to development of subject-Olympiad tasks for regional and final stages of Russian National Olympiad in Life Security for pupils in accordance with requirements of students' preparation level, determined by the Educational State Standard of compulsory education.

Key-words: school-subject Olympiad; Olympic task; compulsory education; state educational standard; didactic units; professional activity sphere.

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ: СОБЫТИЯ, ДИСКУССИИ, ПОЛЕМИКА

В рамках Дней науки ГОУ ВПО «Московский городской педагогический университет» на кафедре безопасности жизнедеятельности Института естественных наук 23 марта 2011 года прошла Вторая региональная научно-практическая конференция «Безопасность и образование: качество, эффективность, перспективы». Основными направлениями работы конференции были проблемы развития содержания образовательных технологий в предметной области «Безопасность жизнедеятельности», инновационные методы обучения и педагогические технологии преподавания «Основ безопасности жизнедеятельности», межпредметные связи и интеграция ОБЖ с учебными дисциплинами федерального компонента Государственных образовательных стандартов, современные методы оценки и мониторинга качества знаний учащихся по курсу ОБЖ, а также создание безопасной образовательной среды общеобразовательного учреждения.

В работе конференции приняло участие свыше ста человек, в том числе преподаватели кафедры безопасности жизнедеятельности МГПУ, их коллеги — преподаватели профильных кафедр других столичных вузов, сотрудники научных и исследовательских центров, методисты и организаторы преподавания ОБЖ в образовательных учреждениях города, учителя московских школ, аспиранты, магистранты и студенты кафедры. На пленарном заседании были заслушаны научные доклады доцента В.Н. Латчука «О реализации условий формирования приоритетов и ценностей в области безопасности жизнедеятельности детей и подростков в системе общего образования Московского региона» и доцента А.С. Козлова «Безопасность в контексте человеческих потребностей». В рамках конференции прошли заседания трех круглых столов: «Развитие содержания и совершенствование форм, методов и средств обучения по безопасности жизнедеятельности» (руководитель — профессор В.М. Мапельман), «Инновационные педагогические технологии организации внеклассной работы и формирование индивидуальной культуры безопасности школьников» (руководитель — доцент В.Н. Латчук), «Создание безопасной образовательной среды общеобразовательного учреждения» (руководитель — профессор Е.И. Торохова), а также студенческой секции «Государственная образовательная политика и национальная безопасность» (руководитель — доцент А.С. Козлов).

В выступлениях участников конференции подчеркивалась актуальность и важность проблем и различных аспектов безопасности на всех уровнях — от индивидуального до государственного. Отмечалось, что преподавание основ безопасности жизнедеятельности в образовательных учреждениях всех ступеней — это вопрос не только и не столько физической безопасно-

сти детей и взрослых, но и их биологической, демографической, информационной, социальной и других видов безопасности. Констатировалось, что безопасность — это понятие, фиксирующее не только техническое состояние объектов образовательной среды, но и характеристика всех сфер общественной жизни, индивидуального и массового сознания, а обучение ее основам является необходимым условием формирования культуры безопасности.

Материалы конференции будут опубликованы в готовящемся к печати сборнике «Безопасность и образование: качество, эффективность, перспективы».

П.Н. Орехов

Структурные изменения в промышленном производстве и проблема возрождения интереса к экономической географии в России.

Рецензия на статью В.И. Часовского «Территориально-отраслевые изменения в промышленном производстве России» (Проблемы региональной экологии. – М.: Камертон, 2009. – № 5. – С. 249–259)

В российской экономической географии постсоветского периода проблемам территориально-отраслевых преобразований в промышленном производстве уделяется явно не достаточное внимание. В связи с этим предлагается обратить внимание на одну из последних публикаций по данной тематике.

За минувшие два десятилетия в промышленности России произошли серьезные изменения. Распад Советского Союза привел к возникновению системного кризиса во всех отраслях промышленности. Многие виды производства были в значительной мере свернуты и во много раз уступают докризисным показателем. Лишь немногим удалось относительно благополучно пережить кризисные тенденции.

Несмотря на всю серьезность перемен, имевших место в отечественном промышленном производстве, к сожалению, этот вопрос довольно редко освещается в научной, научно-популярной и учебной литературе. Для того чтобы понять это, достаточно обратить внимание на современный школьный Атлас по географии для 8–9 класса: промышленные центры и отраслевой состав производства в них показаны здесь по состоянию на период конца 80-х – начала 90-х годов. В то же время проблемы отечественного промышленного производства вовсе не остаются незамеченными учеными нашей страны. Ярким примером тому служит статья В.И. Часовского «Территориально-отраслевые изменения в промышленном производстве России», размещенная в журнале «Проблемы региональной экологии».

Данная статья особенно интересна тем, что в ней дается весьма подробная комплексная характеристика структурных изменений по отраслям промышленного производства в конце XX – начале XXI вв., а также дана характеристика степени концентрации и указаны субъекты Федерации, лидирующие по определенным видам производства на 2006 год. Таким образом, данные, приведенные

и проанализированные в работе, являются своеобразным подведением итогов развития отечественной экономики в кризисный период (1991–1999 гг.) и эпоху «компенсационного» подъема (2000–2006 гг.). Последнему в работе отводится наибольшее внимание, в частности, в разделах, посвященных отраслям промышленного производства, доля субъектов в выпуске продукции и степень концентрации дана по состоянию именно за 2000-е годы. Данная информация особенно ценна для понимания той ситуации, которая складывается в наши дни в различных отраслях промышленности, как в целом по России, так и по регионам, тем более что в статье приведены ценные сведения о субъектах, в которых было создано или наоборот прекращено производство какого-либо вида продукции. Сопоставление этих показателей с аналогичными, имевшими место в советский период, позволит проследить наметившиеся тенденции, сделать выводы о возможных путях развития в будущем, в рамках международного разделения труда. Данные, приведенные в статье, могут быть использованы как база для других научных исследований, а также оказать ценную помощь в создании учебных материалов и наглядных пособий.

Вместе с тем, наибольшая ценность данной статьи, на мой взгляд, заключается в том, что она, являясь одной из немногих публикаций, посвященных проблемам промышленности, способна повысить интерес к указанной проблеме. Учитывая то, что современное состояние промышленного производства в РФ и перспектива его дальнейшего развития пока еще слабо освещены, эта тема могла бы получить дальнейшее развитие в трудах ученых нашей страны. Тем более, что проблема эта в наши дни стоит не менее остро, чем, к примеру, в 1990-е годы, и перспективы развития целого ряда отраслей на территории России в рамках международного разделения труда выглядят весьма туманными (легкая промышленность, отдельные виды производства в таких отраслях, как машиностроение и металлообработка, химическая промышленность и др.). Без понимания и научного обоснования происходящих перемен в промышленном производстве невозможно делать долгосрочные прогнозы, поэтому экономико-географические исследования могут быть полезны в планировании регионального развития.

К сожалению, в статье размещены лишь те сведения, которые указывают на общую динамику процессов, происходящих в промышленном производстве России, а также дано процентное соотношение объемов производства по регионам Российской Федерации. В ней не приведены абсолютные цифры, отображающие выпуск продукции по отдельным видам производства. Таким образом, получая весьма подробную информацию о территориально-отраслевых изменениях, мы не можем сопоставить ее с реальными объемами выпуска продукции, что было бы весьма полезным для более точной характеристики всех тех процессов, которые имеют место в экономике России в наши дни. Однако это является весьма перспективной проблемой для нового научного экономико-географического исследования, для которого данные, изложенные в статье В.И. Часовского, окажут неоценимую пользу.

Арбузова Елена Николаевна — доцент, кандидат педагогических наук, доцент кафедры основ безопасности жизнедеятельности и методики обучения биологии Омского государственного педагогического университета.

E-mail: arbuzova-elena@mail.ru

Бубнов Владимир Алексеевич — доктор технических наук, профессор, действительный член Академии информатизации образования, заведующий общеинститутской кафедрой естественнонаучных дисциплин Института математики и информатики ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: vladimbubnov@yandex.ru

Буряк Алексей Константинович — доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: AKBuryak@ipc.rssi.ru

Войтова Варвара Михайловна — аспирант Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: roldugin@phyche.ac.ru

Воронова Татьяна Сергеевна — кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры экономической географии и социальной экологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: tatianavoronova@yandex.ru

Дмитриева Валентина Тимофеевна — кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой физической географии и геоэкологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: dvtmgpu@yandex.ru

Жаворонок Елена Сергеевна — кандидат химических наук, научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: zhavoronok_elena@mail.ru

Зубков Николай Владимирович — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры методики преподавания биологии и общей биологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: zubkovnv@mail.ru

Загоскина Наталья Викторовна — доктор биологических наук, профессор кафедры методики преподавания биологии и общей биологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: nzagoskina@mail.ru

Латчук Владимир Николаевич — кандидат педагогических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: latchuk@yandex.ru

Назаренко Людмила Владимировна — кандидат биологических наук, доцент кафедры методики преподавания биологии и общей биологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: nlv.mgpu@mail.ru

Напрасников Александр Тимофеевич — доктор географических наук, главный научный сотрудник Института Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (г. Иркутск).

E-mail: naprasnikov@irigs.irk.ru

Овсянников Владислав Михайлович — профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидравлики и гидравлических машин Московского государственного открытого университета.

E-mail: OvsyannikovVM@yandex.ru

Орехов Павел Николаевич — аспирант кафедры экономической географии и социальной экологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: orechov85@mail.ru

Полунин Константин Евгеньевич — кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: polunina@phychе.ac.ru

Полунина Ирина Александровна — кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: polunina@phychе.ac.ru

Резанов Александр Геннадиевич — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии животных и растений Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ

E-mail: RezanovAG@ins.mgpu.ru

Ролдугин Вячеслав Иванович — профессор, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук; профессор общепитутской кафедры естественнонаучных дисциплин Института математики и информатики ГОУ ВПО МГПУ

E-mail: roldugin@phychе.ac.ru

Сенчихин Иван Николаевич — младший научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: isenchikhin.ras@gmail.com

Ульянов Алексей Владимирович — кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

E-mail: uleanov@ipc.rssi.ru

Фадеева Елена Олеговна — кандидат биологических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ, старший научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук.

E-mail: alekto@aha.ru

Шульгина Ольга Владимировна — доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической географии и социальной экологии Института естественных наук ГОУ ВПО МГПУ.

E-mail: olga_shulgina@mail.ru

LIST OF AUTHORS

Arbuzova Elena Nikolaevna — docent, PhD (Pedagogy), docent of Life Security Fundamentals & Biology Learning Methods department, Omsk State Pedagogical university.

E-mail: arbuzova-elena@mail.ru

Bubnov Vladimir Alexeevich — Doctor of Engineering, professor, full member of Academy of Informatization in Education, head of Natural Sciences department, Mathematics and Computer Science institute of MCPU.

E-mail: vladimbubnov@yandex.ru

Buryak Alexei Konstantinovich — Doctor of Chemistry, professor, head of laboratory, A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: AKBuryak@ipc.rssi.ru

Vojtova Varvara Mikhailovna — post-graduate student of A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: roldugin@phyche.ac.ru

Voronova Tatiana Sergeevna — PhD (Geography), senior assistant professor of Economic Geography and Social Ecology department, Natural Sciences institute of MGPU.

E-mail: tatianavoronova@yandex.ru

Dmitrieva Valentina Timofeevna — PhD (Geography), professor, head of Physical Geography and Geo-ecology department, Natural Sciences institute of MCPU.

E-mail: dvtmgpu@yandex.ru

Zhavoronok Elena Sergeevna — PhD (Chemistry), researcher of A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: zhavoronok_elena@mail.ru

Zubkov Nikolai Vladimirovich — PhD (Agriculture), docent of Methods of Biology and General Biology Teaching department, Natural Sciences institute of MCPU.

E-mail: zubkovnv@mail.ru

Zagoskina Natalia Viktorovna — Doctor of Biology, professor of Methods of Biology and General Biology Teaching department, Natural Sciences institute of MCPU.

E-mail: nzagoskina@mail.ru

Latchuk Vladimir Nikolaevich — PhD (Pedagogy), docent of Life Security department, Natural Sciences institute of MCPU.

E-mail: latchuk@yandex.ru

Nazarenko Lyudmila Vladimirovna — PhD (Biology), docent of Methods of Biology and General Biology Teaching department, Natural Sciences institute of MCPU.

E-mail: nlv.mgpu@mail.ru

Naprasnikov Alexander Nimofeevich — Doctor of Geography, chief researcher of V.B. Sochava Geography institute SB RAS, Irkutsk.

E-mail: naprasnikov@irigs.irk.ru

Ovsyannikov Vladislav Mikhailovich — professor, Doctor of Engineering, head of Hydraulics and Hydraulic Machinery department, Moscow State Open university.

E-mail: OvsyannikovVM@yandex.ru

Orechov Pavel Nikolaievich — post-graduate student of of Economic Geography and Social Ecology department, Natural Sciences institute of MGPU.

E-mail: orechov85@mail.ru

Polunin Konstantin Evgenievich — PhD (Chemistry), docent, senior researcher of A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: polunina@phych.ac.ru

Polunina Irina Alexandrovna — PhD (Chemistry), docent, chief researcher of А.Н. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: polunina@phych.ac.ru

Rezanov Alexander Gennadievich — Doctor of Biology, professor, head of Animals and Plants Biology department, Natural Sciences Institute of MCPU.

E-mail: RezanovAG@ins.mgpu.ru

Roldugin Vyacheslav Ivanovich — professor, Doctor of Physico-mathematical sciences, head of laboratory, A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: roldugin@phych.ac.ru,

Senchikhin Ivan Nikolaevich — junior researcher of A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: isenchikhin.ras@gmail.com

Ulianov Alexei Vladimirovich — PhD (Chemistry), senior researcher of A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS.

E-mail: uleanov@ipc.rssi.ru

Fedeeva Elena Olegovna — PhD (Biology), docent of Physical Geography and Geo-ecology department, Natural Sciences institute of MCPU, senior researcher of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS.

E-mail: alekto@aha.ru

Shulgina Olga Vladimirovna — Doctor of History, PhD (Geography), professor head of Economic Geography and Social Ecology department, Natural Sciences institute of MGPU.

E-mail: olga_shulgina@mail.ru

Требования к оформлению статей

Уважаемые авторы!

Редакция просит вас при подготовке материалов, предназначенных для публикации в «Вестнике МГПУ», руководствоваться требованиями к оформлению научной литературы, рекомендованными Редакционно-издательским советом Университета.

1. Шрифт — Times New Roman, 14 кегль, межстрочный интервал — 1,5, поля: верхнее, нижнее и левое — по 20 мм, правое — 10 мм. Объем статьи, включая список литературы, постраничные сноски и иллюстрации, не должен превышать 40 тыс. печатных знаков (1,0 а.л.). При использовании латинского или греческого алфавита, обозначения набираются: латинскими буквами — в светлом курсивном начертании; греческими буквами — в светлом прямом. **Рисунки** должны выполняться в графических редакторах. **Графики, схемы, таблицы** нельзя сканировать.

2. Инициалы и фамилия автора набираются полужирным шрифтом в начале статьи слева; заголовок — посередине полужирным шрифтом.

3. В начале статьи после названия помещаются аннотация на русском языке (не более 500 печатных знаков) и ключевые слова (не более 5). Ключевые слова и словосочетания разделяются точкой с запятой.

4. Статья снабжается пристатейным списком литературы, оформленным в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись» на русском и английском языках.

5. Ссылки на издания из пристатейного списка даются в тексте в квадратных скобках, например: [3: с. 57] или [6: Т. 1, кн. 2, с. 89].

6. Ссылки на Интернет-ресурсы и архивные документы помещаются в тексте в круглых скобках или внизу страницы по образцам, приведенным в ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка».

7. В конце статьи (после списка литературы) указываются автор, название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.

8. Рукопись подается в редакцию журнала в установленные сроки на электронном и бумажном носителях.

9. К рукописи прилагаются сведения об авторе (ФИО, ученая степень, звание, должность, место работы, электронный адрес для контактов) на русском и английском языках.

10. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

В случае несоблюдения какого-либо из перечисленных пунктов автор по требованию главного или выпускающего редактора обязан внести необходимые изменения в рукопись в пределах срока, установленного для ее доработки.

Более подробно о требованиях к оформлению рукописи можно посмотреть на сайте www.mgpi.ru в разделе «Документы» издательского отдела Научно-информационного издательского центра.

По вопросам публикации статей в журнале «Вестник МГПУ», серия «Естественные науки» обращаться к составителю, заведующей кафедрой безопасности жизнедеятельности *Мапельман Валентине Михайловне* (e-mail: mapelman@mail.ru).

Вестник МГПУ

Журнал Московского городского педагогического университета

Серия «Естественные науки»

№ 2 (8), 2011

Главный редактор:

доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук,
профессор ***С.Л. Атанасян***

Составитель:

доктор философских наук, профессор ***В.М. Мамельман***

Свидетельство о регистрации средства массовой информации:
ПИ № 77-5797 от 20 ноября 2000 г.

Главный редактор выпуска:

кандидат исторических наук, старший научный сотрудник ***Т.П. Веденеева***

Редактор:

В.П. Бармин

Техническое редактирование и компьютерная верстка:

О.Г. Арефьева

Адрес Научно-информационного издательского центра ГОУ ВПО МГПУ:

129226, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, д. 4.

Телефон: 8-499-181-50-36. E-mail: Vestnik@mgpu.ru

Подписано в печать: 20.09.2011 г. Формат 70 × 108 1 / 16

Бумага офсетная.

Объем усл. 9 п.л. Тираж 1 000 экз.